THESE

présentée

A L'UNIVERSITE DE PARIS VI

par

Roger COJEAN

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR. INGENIEUR

CONTRIBUTION
A UNE CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE POUR L'AMENAGEMENT REGIONAL

Plateaux de Trappes - Saclay

Vallées de la Bièvre et de l'Yvette

SOUTENUE LE 26 novembre 1975 devant LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. J. NICOLAS — Président

C. POMEROL
M. ARNOULD
R. STRUILLOU — Examinateurs

THESE

présentée

A L'UNIVERSITE DE PARIS VI

par

Roger COJEAN

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR-INGENIEUR

CONTRIBUTION
A UNE CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE POUR L'AMENAGEMENT REGIONAL

Plateaux de Trappes-Saclay

Vallées de la Bièvre et de l'Yvette

SOUTENUE LE 26 novembre 1975 devant LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. J. NICOLAS — Président

C. POMEROL
M. ARNOULD
R. STRUILLOU — Examinateurs

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A mes parents,

A Françoise, ma femme.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542722_0047

AVANT-PROPOS

Il m'est très agréable de remercier ici les nombreuses personnes qui ont dirigé, conseillé ou encouragé cette étude.

Monsieur le Professeur ARNOULD m'a convaincu du rôle important que la Géologie et les Sciences de la Terre en général se doivent de jouer dans les domaines du Génie Civil, de l'Urbanisme et de l'Aménagement. Je lui suis très reconnaissant pour l'accueil qu'il m'a fait au Centre de Géologie de l'Ingénieur et pour les précieux conseils que j'ai reçus de lui tout au long de ce travail.

Monsieur le Professeur NICOLAS a bien voulu accepter de présider mon jury. C'est pour moi le témoignage d'un intérêt dont je lui suis très reconnaissant.

Monsieur le Professeur POMEROL m'a fait bénéficier de sa grande expérience du Bassin Parisien et je suis très heureux de sa présence dans mon jury.

Monsieur STRUILLOU, Maître de Recherches à l'Ecole des Mines, m'a beaucoup encouragé au cours de ce travail et a suivi avec efficacité la rédaction de ce mémoire.

Monsieur GOLDBERG, Directeur Général de l'Etablissement Public d'Aménagement de la Ville Nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines, m'a donné accès à toutes les études concernant la Ville Nouvelle. Je lui en suis très reconnaissant. Je remercie aussi toutes les personnes de l'E. P. A. qui m'ont accordé de nombreux entretiens et tout particulièrement Monsieur FOURNIER-LERAY.

Monsieur VICQ, Directeur du Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (Ponts et Chaussées) m'a permis de consulter une documentation rassemblée depuis plusieurs années. Je l'en remercie vivement. Il m'est très agréable de remercier aussi Monsieur THORIN, Chef du Groupe Géotechnique qui, malgré ses nombreuses occupations professionnelles

a pu m'accorder plusieurs entretiens et m'a fait visiter de nombreux chantiers. Je ne saurais oublier non plus Messieurs GRISONI et DELFAUT, Assistants, et Messieurs BALDIT, COQUELET, PEZRON et UNVOIS, Techniciens Supérieurs qui m'ont fait bénéficier de leurs compétences dans les domaines géologiques, géotechniques et géophysiques.

Je remercie également Madame SZITA de la Mission d'Etude et d'Aménagement Rural qui m'a communiqué de nombreux dossiers d'étude.

Monsieur ISAMBERT, exploitant de la ferme de la Vauve à Palaiseau m'a ouvert ses archives personnelles et m'a dévoilé l'existence de cartes anciennes portant des indications de marnières. Je lui en suis vivement reconnaissant.

Messieurs GAMBINI et SANCHE, à l'occasion d'un travail de fin d'études à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ont contribué à la réalisation de ce travail. Je les en remercie très amicalement.

Plusieurs organismes ont ouvert leurs portes à mon indiscrétion : le B.R.G.M., le Service des Carrières de Versailles, les Archives départementales de Versailles, le Service Cartes et Plans de la Bibliothèque Nationale et de l'I. G. N., la Météorologie Nationale. Qu'ils reçoivent tous mes sincères remerciements.

Je n'oublierai pas non plus tous les bureaux d'études et entreprises, parmi lesquels Mécasol, Simecsol, Sobesol, Botte, le C. E. A., l'Aéroport de Paris, le Service Constructeur de l'Académie de Paris, la S.A.M.B.O.E., la Direction des Travaux Neufs du Génie, de nombreux services techniques des mairies, qui m'ont permis de consulter leurs dossiers d'études géotechniques.

Je remercie aussi tous les chercheurs et techniciens du Centre de Géologie de l'Ingénieur et plus particulièrement mon ami J. PREVOT. De nombreuses journées passées ensemble sur le terrain, de nombreuses conversations auront largement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à Madame AUDIGUIER pour des analyses de laboratoire , à Mademoiselle TROISVOISINS et à Monsieur AGAR pour leur aide dans la préparation matérielle de cette thèse, à Monsieur CHANETTE pour la confection de lames minces, et à Monsieur SANANIKONE pour son aide dans le domaine du dessin et de la cartographie.

Enfin, je suis heureux de remercier Monsieur PASQUET, Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, ainsi que Monsieur BONNET, Directeur-Adjoint de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Responsable de la Recherche, qui m'ont fourni l'aide matérielle nécessaire à la réalisation de cette thèse sous la forme d'une bourse de recherche de l'Ecole.

S O M M A I R E

Pages

INTRODUCTION 1

1 - Présentation du sujet 2

2 - L'aménagement de l'espace hier et aujourd'hui 3

3 - La nécessité d'études du milieu physique. Exemple de la commune de Palaiseau 6

4 - Quelles analyses du milieu physique réaliser ? 8

5 - Quelles synthèses proposer à l'aménageur ? 10

CHAPITRE I - CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES DE LA REGION ETUDIEE 12

I-1 LA GEOLOGIE 13

I-11 Introduction 13

I-12 Les structures géologiques 14

I-13 Les formations géologiques 15

I-131 La craie sénonienne 15

I-132 Les formations tertiaires 15

I-1321 Présentation 15

I-1322 Le DanoMontien 16

I-1323 L'Yprésien 17

I-1324 Le Lutétien 17

I-1325 Le Bartonien 18

I-1326 Le Sannoisien 20

I-1327 Le Stampien ss et l'Aquitanien 21

I-1328 Le Burdigalien 24

I-2 L'HYDROGEOLOGIE 25

I-21 Les nappes 25

I-211 Les nappes profondes 25

I-212 La nappe de l'Eocène inférieur et moyen 25

I-213 La nappe de l'Eocène supérieur 26

I-214 La nappe de l'Oligocène 27

I-215 La nappe phréatique des plateaux 32

I-22 Les étangs régulateurs 34

CHAPITRE II - ETUDE PARTICULIERE DE LA GEOMORPHOLOGIE ET DES FORMATIONS SUPERFICIELLES 37

II-1 ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE 38

II-11 Présentation paléogéographique 38

II-12 Description simplifiée de la morphologie régio-régionale 39

II-13 Réalisation d'une carte des Pentes et des Bassins versants au 1/25000 41

II-14 Définition d'un réseau hydrographique prolongé 42

II-15 Analyse du tracé du réseau hydrographique 45

II-16 Analyse des lignes de crête des plateaux 47

II-161 Mise en évidence d'une déformation de la surface oligomiocène 47

II-162 Relations entre les lignes de crête des plateaux et la topographie du toit des Sables de Fontainebleau - Carte des grès 50

II-17 Analyse des dissymétries de versants 54

II-171 Premier indice d'asymétrie 54

II-172 Deuxième indice d'asymétrie 56

II-18 Applications des analyses géomorphologiques 58

II-181 Aspect régional du tracé des cours d'eau 58

II-182 Le problème du Ru des Vaux de Cernay 60

II-183 Réalisation d'une carte du toit des Sables de Fontainebleau au 1/50.000 62

II-19 Etude de la fissuration des grès stampiens 64

II-191 Mesure des diaclases 64

II-192 Interprétation des mesures 67

II-2 ETUDE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES 68

II-21 Les limons des plateaux 68

II-211 Description des limons 68

II-212 Répartition des limons 71

II-213 Réalisation d'une carte des épaisseurs de limons (1/50 000) 73

II-22 Les formations de versant et de fond de vallée 74

II-221 Les différents types de versants et de fonds de vallée 74

II-222 Nature et épaisseur des formations superficielles suivant les types de versants 75

II-223 Remarques sur les différentes situations des grès stampiens sur les versants 84

CHAPITRE III - CONTRIBUTION A L'ETABLISSEMENT DE BASES POUR UN PLAN D'AMENAGEMENT 88

III-1 INTRODUCTION 89

III-2 DONNEES GEOTECHNIQUES SUR LES PLATEAUX 89

III-21 Caractéristiques géotechniques des limons et problèmes de génie civil 89

III-211 Caractéristiques géotechniques 90

III-212 Problèmes de génie civil 94

III-22 Caractéristiques géotechniques des Sables de Lozère et problèmes de génie civil 97

III-221 Caractéristiques géotechniques 97

III-222 Problèmes de génie civil 98

III-23 Caractéristiques géotechniques de la formation de Beauce 99

III-231 Les Argiles à meulière 99

III-2311 Introduction 99

III-2312 Estimation du pourcentage rocheux 100

III-2313 Apport de la méthode sismique 101

III-2314 Apport des diagraphies par rayons gamma 105

III-2315 Problèmes de chantiers posés par les terrassements 108

III-2316 Caractéristiques géotechniques des argiles et problèmes de fondation 109

III-232 Les "Marnes de Trappes" et le problème des marnières 110

III-2321 Définition des marnières 110

III-2322 Méthodes d'inventaire et de détection des marnières 112

III-24 Caractéristiques géotechniques des Sables de Fontainebleau et problèmes de génie civil 114

III-241 Caractéristiques géotechniques 114

III-242 Problèmes de génie civil 115

III-243 Détermination de la cote du toit des Sables de Fontainebleau par sondage électrique 117

III-25 Mise au point d'une méthodologie de prospection préliminaire d'un site sur les plateaux 120

III-3 DONNEES GEOTECHNIQUES SUR LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE VERSANTS ET DE FONDS DE VALLEE 121

III-31 Reconnaissance des sols 122

III-32 Exécution des travaux 123

III-33 Aptitude aux fondations

III-34 Utilisation des Argiles Vertes de Romainville comme niveau de fondation 125

III-4 DONNEES CLIMATIQUES

III-41 Caractéristiques générales du climat 127

III-42 Les microclimats 128

III-43 Conclusion 129

III-5 DONNEES SUR LA VALEUR AGRICOLE DES TERRES, LA COUVERTURE VEGETALE, LES ZONES HUMIDES, LA PERCEPTION DES PAYSAGES 130

III-51 La valeur agricole des terres 130

III-52 La couverture végétale 131

III-53 Les zones humides 132

III-54 La perception des paysages 133

CONCLUSION GENERALE 137

I- PRESENTATION DE LA CARTE DE ZONAGE GEOTECHNIQUE POUR L'AMENAGEMENT 1/50.000 137

II- EN GUISE DE CONCLUSION 140

BIBLIOGRAPHIE

PLANCHES HORS TEXTE

INTRODUCTION

I - PRESENTATION DU SUJET

Cette contribution à une cartographie pour l'aménagement régional se situe dans le cadre des études préparatoires à l'aménagement régional. Elle n'en concerne que les aspects techniques en rapport avec le milieu physique. Il s'agit d'une analyse des facteurs d'ordre géologique, hydrogéologique, géotechnique et géomorphologique. Les facteurs d'ordre climatique, botanique, et de perception des paysages sont mentionnés. Le texte est accompagné de 5 cartes au 1/50.000 (hors texte) : Carte des pentes et bassins versants, Carte des épaisseurs des limons, Carte du toit des Sables de Fontainebleau, Carte des Grès, Carte de zonage pour l'aménagement (ou carte de synthèse).

Le cadre géographique de cette thèse est constitué par le plateau de Trappes Saclay, les vallées de la Bièvre et de l'Yvette. Il englobe donc le périmètre d'étude de la Ville Nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines ainsi que la Vallée de Chevreuse. Il recouvre une partie des départements des Yvelines et de l'Esson et se situe dans le Nord du Hurepoix.

Ce travail a été réalisé principalement au Centre de Géologie de l'Ingénieur de l'Ecole des Mines de Paris. Il a nécessité un dépouillement de dossiers géologiques et géotechniques provenant du L.R.O.P. (Laboratoire des Ponts et Chaussées de Trappes), du B.R.G.M., de bureaux d'études de sols (Mécasol en particulier), d'entreprises de sondages et de services techniques des mairies, ainsi

qu'une recherche d'archives (problème des marnières) au Service des Carrières de Versailles, aux Archives départementales de Versailles, à la Bibliothèque Nationale, à l'I.G.N., et chez certains agriculteurs. Différents types d'essais ont été réalisés : identifications de sols en laboratoire, sondages à la tarière à main, ainsi que des levers de fouilles, des prospections géophysiques, sismiques et électriques, des carottages radioactifs de sondages. Plusieurs descriptions de carottes de sondage ont été faites. Enfin, un travail de cartographie de terrain a été mené durant les printemps et étés 73 - 74 - 75.

L'introduction qui suit pose le problème des études préliminaires dans un contexte d'aménagement régional et donne en conclusion le plan de la thèse.

2 - L'AMENAGEMENT DE L'ESPACE HIER et AUJOURD'HUI

- On a longtemps discuté de l'influence du milieu naturel sur l'utilisation du sol par l'homme, la structure de l'habitat, le mode de vie des individus, voire la structure sociale des groupements humains.

Il est certain que bien souvent l'homme s'est remarquablement adapté au milieu naturel. Citons par exemple les méandres de la Seine et particulièrement le premier méandre en aval de Rouen. L'étagement suivant s'observe en rive convexe, un premier arc de terres alluviales, inondables et laissées aux prairies, un second arc de villages agricoles : Hautot, Sahurs, Saint Pierre, Quevillon installés sur le rebord d'une terrasse ancienne, puis une zone de cultures montant à l'assaut des coteaux et

relayée par la forêt de Roumare. Citons aussi la Grande Brière de Loire Atlantique où les villages îliens ou riverains des marais ont contrôlé le niveau des eaux, avant même le XVe siècle, par des systèmes de canaux et de vannes. D'ennemie, l'eau est ainsi devenue une alliée, irriguant les pâturages, apportant diverses ressources au Brieron pêcheur, chasseur, coupeur de roseaux et de joncs, extrayant de la tourbe autrefois.

Il faut cependant remarquer que, dans de rares cas, le milieu naturel a rejeté l'implantation humaine. On connaît plusieurs villages bretons, parmi lesquels Escoublac, qui furent peu à peu envahis par les sables aux XVe et XVIe siècle. On connaît aussi des villages des Alpes, tel Le Châtelard, qui furent peu à peu rasés par les moraines et les langues glaciaires au début du XVIIe siècle. Plus près de nous on se souvient d'une ville de 20.000 habitants au Pérou, entièrement détruite par une coulée boueuse.

Si le milieu naturel est responsable de bien des types d'utilisation du sol par l'homme, il ne faut cependant pas conclure qu'il est seul en cause. De nombreuses villes se sont ainsi développées indépendemment des possibilités offertes par leur site, mais pour des raisons d'ordre commercial, militaire, religieux. On se souvient par ailleurs des controverses sur les relations de l'habitat rural (groupé en pays de champs ouverts, dispersé en pays de bocage) avec la nature des sols (calcaires et perméables ou argileux et imperméables). L'harmonie souvent notée par les géographes, n'est cependant pas totale, et les historiens de la vie rurale (Marc Bloch en premier lieu) ont montré que la structure de l'habitat reflète surtout les modes d'exploitation du sol et leurs changements au cours de l'histoire.

Il faut donc conclure que l'organisation de l'espace par l'homme est fonction certes du milieu naturel, mais aussi de nombreux autres facteurs : sociaux, économiques, politiques.

- L'une des caractéristiques nouvelles de notre époque est bien le changement d'échelle qui se produit dans tous les problèmes d'aménagement, d'urbanisme, etc... On doit s'interroger sur les raisons de ce changement et surtout sur les raisons qui imposent d'organiser cet aménagement à l'échelle d'un site, voire d'une région :

- On sait d'une part qu'un développement à grande échelle, dans n'importe quel secteur économique, apporte toujours des avantages, et que par ailleurs la rapide évolution des technologies dans les domaines du Génie Civil et de l'Urbanisme pousse à ce type d'action.

Mais il faut dire surtout que de plus en plus un site apparaît comme pouvant répondre à diverses vocations entre lesquelles il est nécessaire de choisir très tôt : vocation à des activités agricoles ou industrielles, vocation à l'espace vert ou à la réserve naturelle, vocation à une urbanisation diffuse ou à la création d'une ville nouvelle.

- Notons aussi que la complexité croissante des différents réseaux et voiries dans une même unité géographique impose d'intervenir en amont de l'urbanisation proprement dite : il est nécessaire de prévoir très tôt le réseau de communication qui desservira le site, et le reliera à l'extérieur. Il est nécessaire aussi de prévoir très tôt le réseau de traitement et d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales, de connaître les débits à évacuer, les exutoires possibles, etc... Il s'agit là de

répondre à une demande liée à un certain niveau de vie, voire à un certain type de civilisation.

Enfin, il devient de plus en plus urgent d'agir en fonction d'un certain environnement qui constitue une entité à protéger et à contrôler, car de même que l'énergie, l'eau et l'air, le paysage est une ressource primordiale pour l'homme. Il faut répondre ici à une demande liée à la notion de cadre et de qualité de vie.

3 - LA NECESSITE D'ETUDES DU MILIEU PHYSIQUE (exemple de la commune de Palaiseau).

Autrefois l'intuition et le bon sens suffisaient à l'homme pour s'adapter au milieu naturel. Equilibre et harmonie s'établissaient peu à peu, au coup par coup , le rythme de développement permettant cette évolution progressive.

Pour nous situer dans le cadre géographique de cette thèse, observons précisément le petit village de Palaiseau, il y a un siècle à peine (fig. 1 et 2), quand il n'était pas encore noyé dans l'extension en tache d'huile de la banlieue pavillonnaire.

Remarquons d'abord que le village a une position de ville-relais sur le trajet d'une grande et ancienne voie de communication : la route Paris-Chartres. Plus précisément, tous les éléments qui contribuent à définir le site sont utilisés de façon positive : le village, à l'origine village-rue, s'est installé à flanc de coteau, le long d'une ligne de sources, zone d'affleurement de la nappe des Sables de Fontainebleau. Situé sur un versant exposé

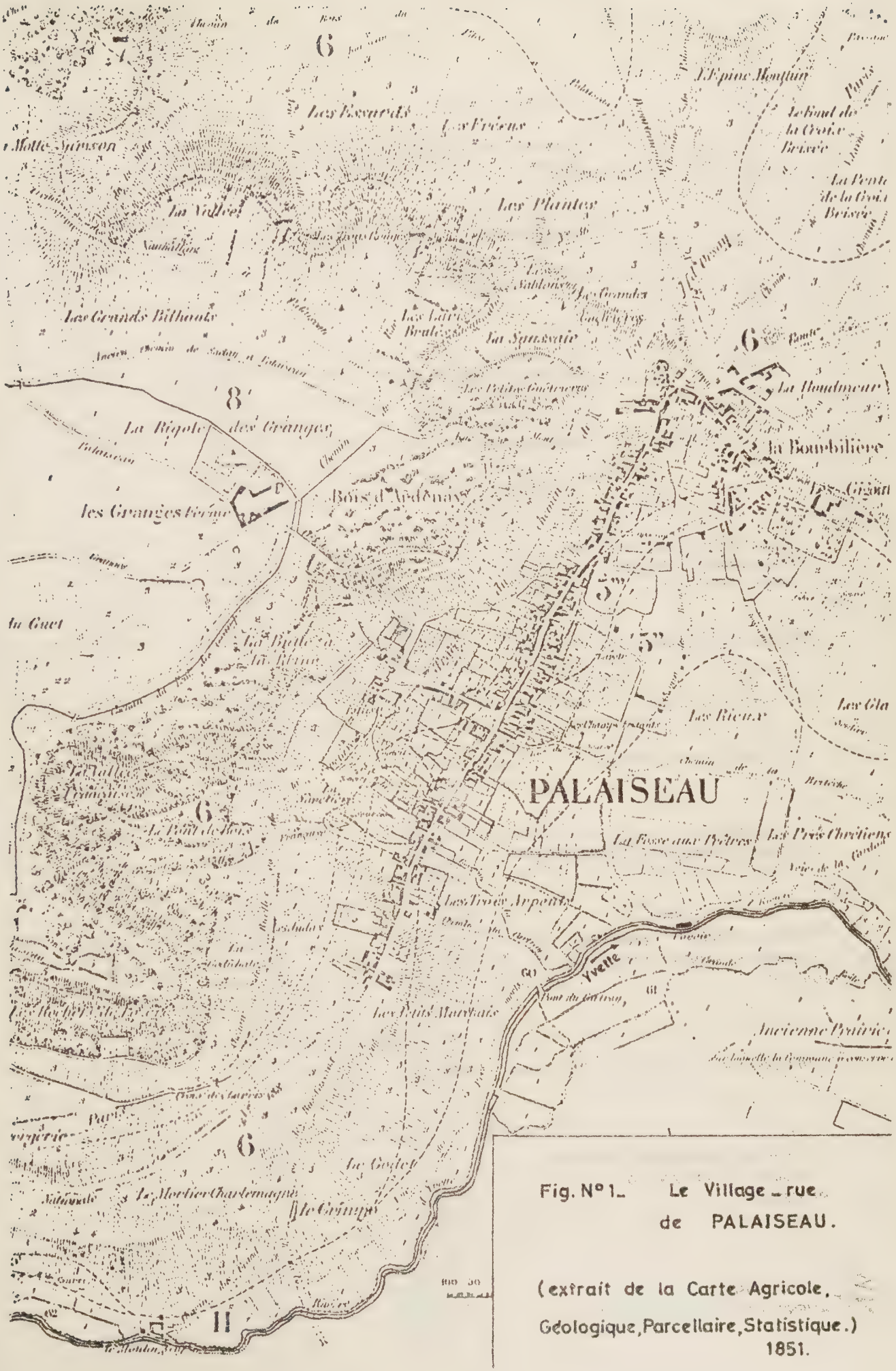
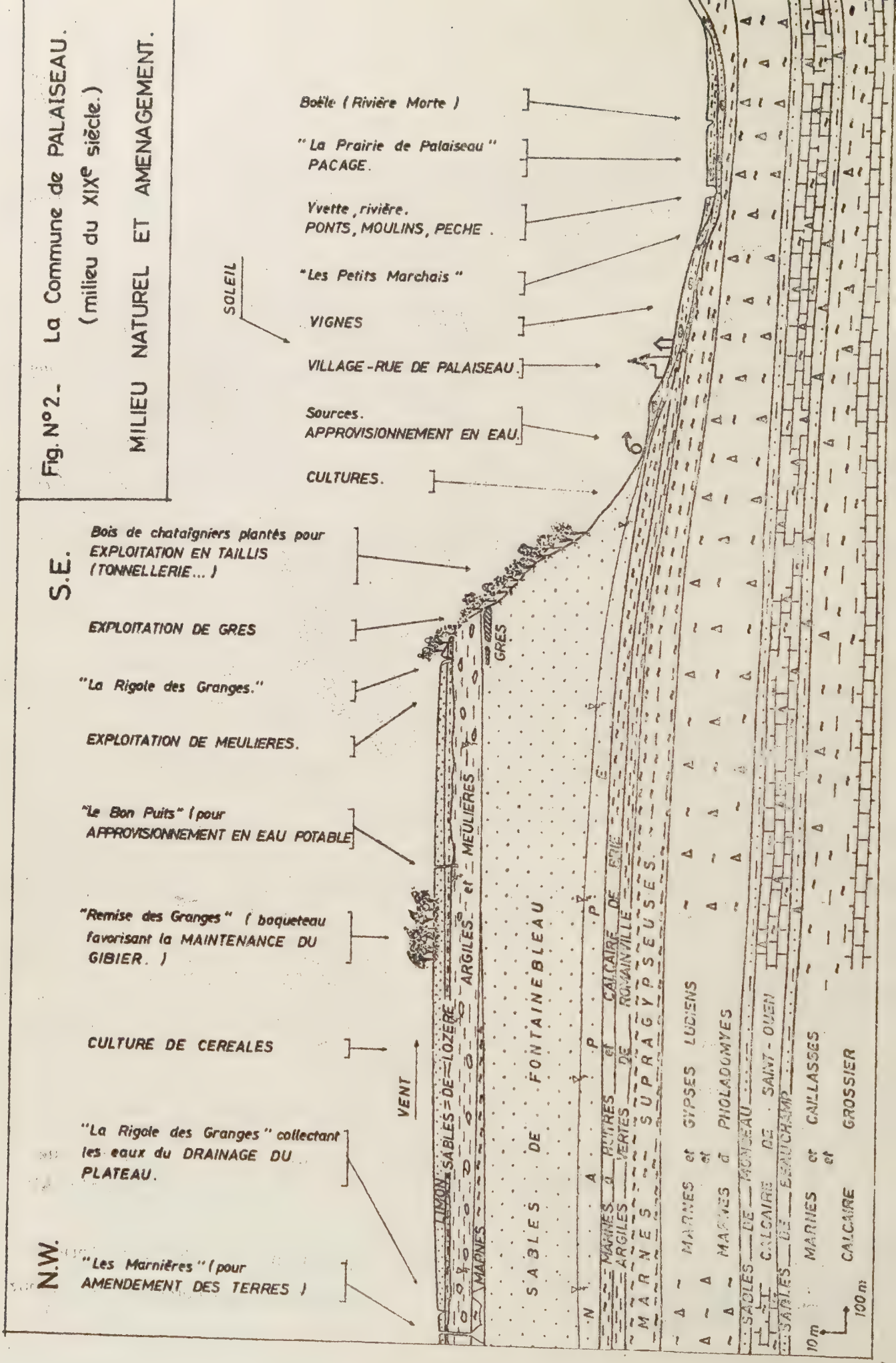

PALAISEAU
Les Ecuards
Les Frênes
Les Plantes
Les Grands Bilhaudx
La Rigole des Granges
Les Granges
Bois d'Amérinaux
La Bonbillière
La Houdmeure
Les Ricaux
La Fosse aux Pêtres
Les Près Chrétiens
Les Trois Arpents
Les Petits Marchais
Yvette
Ancienne Prairie
Le Moutier Charlemagne
Le Grimpé
Le Gué
Le Pont de Bois
Les Vallées
Les Glaises
Les Glayeux
Les Bas Prés
Les Bas Prés
Les Bas Prés

Fig. N°2 - La Commune de PALAISEAU.
(milieu du XIXe siècle.)
MILIEU NATUREL ET AMENAGEMENT.



au S.E., il est à l'abri des vents dominants qui balaient le plateau supérieur, à l'écart de l'insalubrité du fond de vallée et des inondations que provoquent les gros orages. Les habitants ont cultivé des vignes sur les basses pentes argileuses et bien exposées. Le fond de vallée a été laissé aux prairies. Sur les sables des versants on a planté des châtaigniers pour en tirer du bois pour divers usages (tonnellerie en particulier). Sur le bord du plateau, où le limon est inexistant ou peu épais, on a exploité des meulières à fleur de sol et des grès au sommet des sables, pour la construction et le pavage des chemins. Plus tardivement on a lancé des cultures de diverses céréales sur le plateau même.

Ces diverses activités se sont concrétisées peu à peu au cours des siècles ; la relative lenteur de leur réalisation leur a permis de s'adapter peu à peu au milieu naturel, de la meilleure façon, sans jamais lui faire violence.

Aujourd'hui, la commune de Palaiseau, comme bien d'autres dans la région parisienne, connaît une expansion trop rapide, phénomène qui va s'accélérant depuis un demi-siècle. Bien des problèmes se présentent, et pour n'en retenir qu'un, on s'aperçoit aujourd'hui que l'évacuation des eaux pluviales pose de graves difficultés : dans le passé on savait qu'après les orages, les inondations étaient possibles. Elles n'étaient que rarement dangereuses, car n'affectaient que les fonds de vallée, exempts d'habitations et consacrés aux prairies sinon aux marécages. Aujourd'hui l'urbanisation s'étale partout y compris dans ces zones. Bien plus, l'urbanisation elle-même (dans la vallée, sur les versants et les plateaux) conduit à une imperméabilisation des sols à 80 % en moyenne (du fait des toitures, des routes, etc...), de telle sorte que l'eau

ruisselle en plus forte quantité que sur les sols de culture, de prés, de bois où elle est retenue en grande partie et restituée peu à peu. On obtient donc les jours de fortes pluies des débits instantanés plus forts que dans le passé, des risques d'inondation plus importants.

Dans cet exemple, l'adaptation au milieu naturel ne s'est pas faite au mieux : il aurait fallu en effet, le phénomène d'urbanisation étant accepté, réserver très tôt un fond de vallée exempt d'habitation et suffisamment large pour évacuer ces débits.

Certes, le problème n'est pas insurmontable aujourd'hui à force de technique, en particulier par la réalisation d'étangs régulateurs, mais à quel prix ? ... Aucune étude de milieu naturel n'a été menée dans le passé concernant ce problème.

4 - QUELLES ANALYSES DU MILIEU PHYSIQUE REALISER ?

On doit se demander ce qui, dans ce milieu physique estimportant pour l'aménageur, dont il faut désormais situer l'action dans une large perspective de "planification écologique" ou d' "aménagement intégré" - vocabulaire changeant dont l'instabilité traduit peut-être la difficulté de définir les objectifs, à moins qu'il ne traduise l'incohérence entre les moyens mis en oeuvre et ces mêmes objectifs.

Or, il est clair que si les objectifs peuvent varier en fonction de choix politiques, au sens étymologique de ce terme, les moyens intellectuels pour y parvenir sont très simples à définir : il s'agit de l'étude de tout le

milieu naturel et sa dynamique. Nous **pressentons** en fait l'unité profonde d'un système varié et complexe que nous ne savons aborder que par quelques unes de ses multiples facettes. Nous pressentons de même l'existence d'un système de forces, elles aussi variées et complexes, qui s'exercent sur ce milieu naturel, depuis l'échelle planétaire jusqu'à l'échelle microscopique, en passant par l'échelle anthropique qui n'est pas la moins efficiente à notre époque.

Dans ces conditions la prudence doit être la règle , pour plusieurs raisons :

- D'une part, il existe de nombreuses relations mutuelles entre les diverses composantes du milieu naturel. On connaît par exemple la relation qui existe entre un abaissement de nappe par suite de pompage et le tassement du sol. Aussi faut-il craindre en maintes occasions les effets indirects des interventions humaines.

- D'autre part, si le milieu naturel, qui est un milieu fini nous livre aujourd'hui ses richesses, nous devons apprendre à gérer celles-ci, aussi bien en quantité qu'en qualité.

- Or, la notion même de ressource du milieu naturel évolue de plus en plus rapidement. Ce qui aujourd'hui nous semble sans intérêt sera peut-être primordial demain.

En conclusion, puisque l'adaptation au milieu naturel n'est plus possible au coup par coup, on se doit de prévoir très en amont les conséquences prévisibles de tout aménagement, afin de modifier en conséquence les orientations ou d'agir en connaissance de cause.

5 - QUELLES SYNTHESES PROPOSER A L'AMENAGEUR ?

La première préoccupation consisterait :

- d'une part à analyser l'ensemble du milieu naturel et de sa dynamique,

- d'autre part à réaliser plusieurs synthèses, les unes orientées vers des problèmes particuliers de Génie Civil ou d'Aménagement les autres plus globales, synthèses qui trouvent leur meilleure expression dans la cartographie.

Diverses méthodologies cnt déjà été proposées en France et à l'Etranger pour aboutir à ces résultats (Cartes géotechniques, Cartes d'Aménagement, Typologie des paysages, etc...). Elles visent les objectifs suivants :

- Codifier les observations de terrain et toutes les informations disponibles.

- Réaliser des banques de données, dans lesquelles, à chaque parcelle cartographiée définie suivant une classification, on attribue les différentes valeurs mesurées.

- Réaliser une analyse factorielle de ces données afin de définir des zones homogènes ou une "typologie des paysages" en arguant qu'à une zone homogène peut correspondre un aménagement uniforme.

- Réaliser des tableaux ou matrices permettant de déterminer les meilleures fonctions ou vocations de chaque zone ainsi définie ainsi que les compatibilités entre diverses fonctions de zones plus ou moins voisines.

Ces études ne doivent cependant pas être trop

théoriques, pour l'application qu'on veut en faire. En effet, les problèmes d'urbanisme et d'aménagement apparaissent trop dépendants d'un certain état de fait foncier et de grandes orientations politiques pour s'accommoder d'une formalisation trop poussée.

De plus, nombreux sont les facteurs qui ne sont pas quantifiables et doivent cependant être pris en compte (perception des paysages, qualité de l'environnement...). C'est pourquoi nous avons adopté la démarche suivante : partant de l'idée simple que le Hurepoix (où se situe la plus grande partie de la région étudiée) est typé en tant que "pays" par l'opposition plateaux-vallées, nous avons tenté d'affiner cette opposition par l'analyse géomorphologique. Ainsi, après le chapitre I traitant des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la région, le chapitre II est consacré à une étude particulière de la géomorphologie et des formations superficielles. Le chapitre III traite des caractéristiques géotechniques des sols, des problèmes de couverture végétale et de zones humides, des données climatiques, de la perception des paysages. La construction d'une carte de zonage pour l'aménagement ou carte de synthèse constitue la conclusion de ce travail. Il nous semble qu'un tel zonage doit être à l'origine de toute carte d'aptitude à telle ou telle opération de Génie Civil, d'Urbanisme ou d'Aménagement. C'est pourquoi nous avons indiqué sommairement pour chaque zone définie quelques aptitudes de ce type.

CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES DE LA REGION ETUDIEE

Ce chapitre traite des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques des formations de la région étudiée. De telles bases sont en effet indispensables pour aborder les questions géomorphologiques, de même que pour traiter de géotechnique ou de géologie appliquée. De plus, elles ne sont pas sans rapport avec les problèmes de valeur agricole des sols, de couverture végétale, de perception des paysages.

I-1 - LA GEOLOGIE

I-11. Introduction

Ce sous-chapitre est un essai de synthèse des connaissances du sous-sol de la région étudiée (tectonique et formations, de la craie campanienne jusqu'aux Sables de Lozère).

Les couches de l'Eocène n'ont pas pu être observées. Très peu d'entre elles existent en affleurement. Si les plus récentes se trouvent en fond de vallée (parties aval des cours d'eau), elles sont masquées par des alluvions ou des colluvions de bas de versant. Elles ne sont pratiquement connues que grâce à des forages d'eau. Cependant elles peuvent être intéressées dans l'avenir par des travaux de génie civil (fondations profondes sur pieux, pompages d'eau, urbanisme souterrain ...). C'est pourquoi elles sont décrites, sommairement, dans les paragraphes qui suivent.

Les formations de l'Oligocène et du Miocène intéressent plus directement l'aménageur et l'ingénieur de génie civil, et sont plus détaillées.

Les formations plio-quaternaires, elles aussi très importantes sont décrites dans le Chapitre II.

Les parties géotechniques et les problèmes de génie civil posés par les couches les moins profondes sont traités dans le Chapitre III.

I-12. Les structures géologiques (Carte n° 1)

La région étudiée est traversée par 3 axes tectoniques :

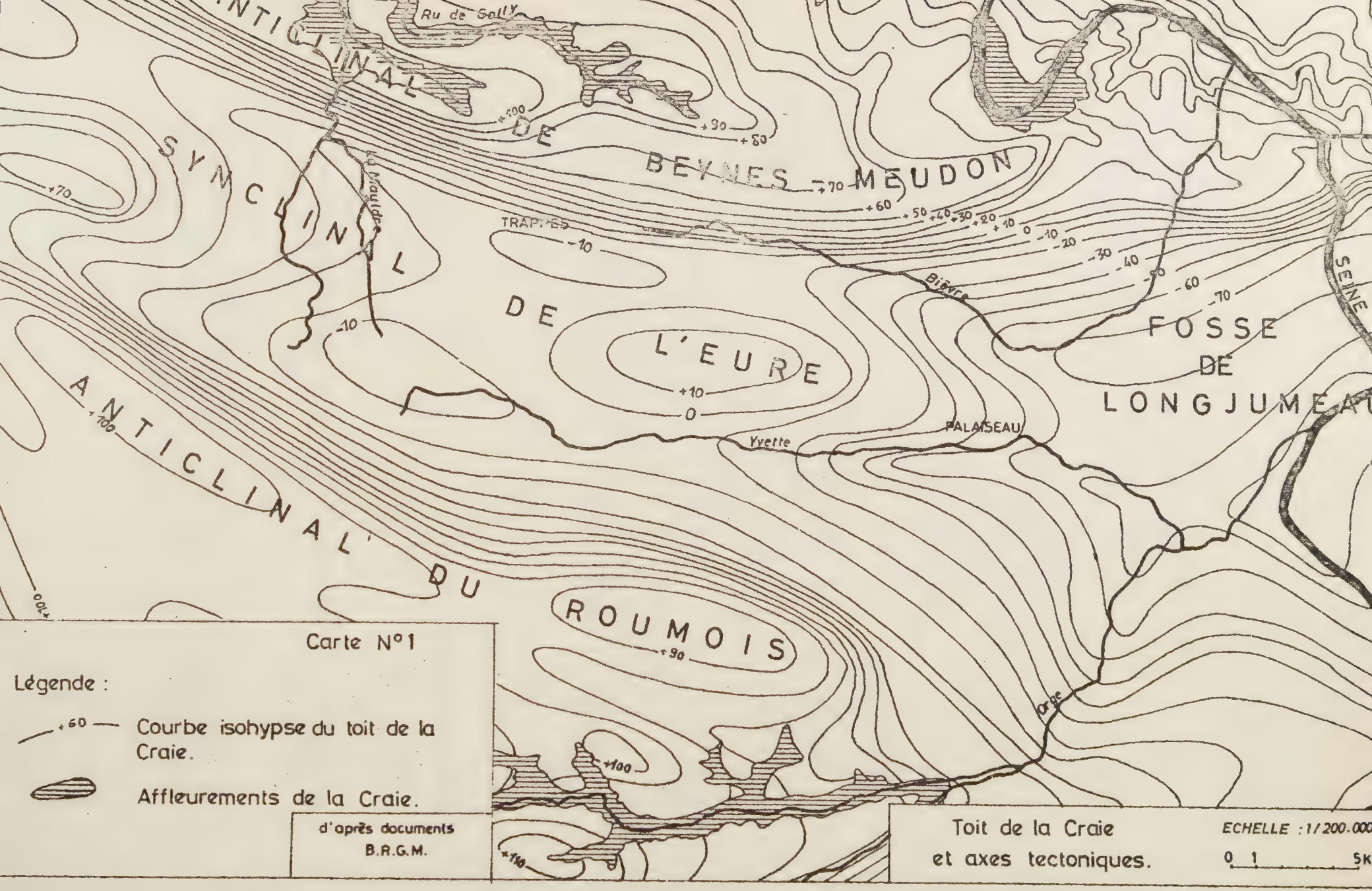
- l'anticlinal de Beynes-Meudon
- le synclinal de l'Eure
- l'anticlinal du Roumois.

La direction moyenne de ces axes est NW-SE. Ils ondulent très faiblement les couches dont les pendages ne dépassent guère 1 %. Des mouvements se sont manifestés à plusieurs reprises au cours des temps et souvent aux mêmes endroits. On observe ainsi dans les couches ondulées des variations d'épaisseur et de faciès, ces dernières n'étant pas toujours d'origine sédimentaire ou diagénétique. On observe même des lacunes de sédimentation au droit des anticlinaux. Le tracé de ces axes est assez complexe dans le détail, chacun apparaissant comme un assemblage de dômes et de cuvettes allongés (C. POMEROL - 1967).

- L'anticlinal ou anticlinorium de Beynes-Meudon, de structure complexe se décompose en :

. l'anticlinal de la Seine, relayé, après un décrochement, par l'anticlinal de Meudon.
. le synclinal du Ru de Gally
. l'anticlinal de Beynes proprement dit. Sur celui-ci le calcaire du Lutétien repose fréquemment sur la craie du Crétacé.

- Le synclinal de l'Eure concerne plus directement la région étudiée. Venant de Neauphle, il se divise en 2 gouttières synclinales, l'une correspondant sensiblement au tracé de la Bièvre, l'autre au tracé de l'Yvette.



Carte N°1

Légende :

+60 — Courbe isohypse du toit de la Craie.

Affleurements de la Craie.

d'après documents B.R.G.M.

Toit de la Craie et axes tectoniques.

ECHELLE : 1/200.000

0 1 5K

Son axe moyen passe par Trappes, Bures sur Yvette, Palaiseau s'infléchit vers la fosse de Longjumeau et gagne Melun vers le S.E. Toutes les couches du synclinal de l'Eure se relèvent rapidement au Nord et au N.E. vers l'anticlinorium précédent.

- Ces couches remontent au S.W sous l'influence de l'anticlinal du Roumois. Les lacunes de sédimentation sont fréquentes sur cet axe qui très souvent a constitué une limite de transgression.

I-13. Les formations géologiques (Tableau n°1)

I-131. La craie sénonienne :

Elle n'affleure qu'aux alentours de la région étudiée (Cartes n° 1 et n° 2) et se trouve aux cotes -10 à Trappes (prof. 170 m), - 5 à Chevreuse (prof. 85 m), - 50 à Orsay (prof. 110 m), - 50 à Bièvres (prof. 120 m), - 100 à Viry-Châtillon (prof. 140 m).

Quelques sondages profonds ont traversé complètement le Sénonien. Son épaisseur totale est de 235 m à Chèvreloup, 254 m à Orsay, 363 m à Viry Châtillon.

La craie est décrite d'après les sondages comme une craie blanche à silex. Sa partie supérieure est parfois indurée et recristallisée, parfois altérée et pâteuse. Elle est peu fissurée à l'échelle du massif.

I-132. Les formations tertiaires

I-1321. Présentation

Pendant tout le Tertiaire, le Bassin de Paris s'est comporté

Tableau N°1- ECHELLE STRATIGRAPHIQUE.

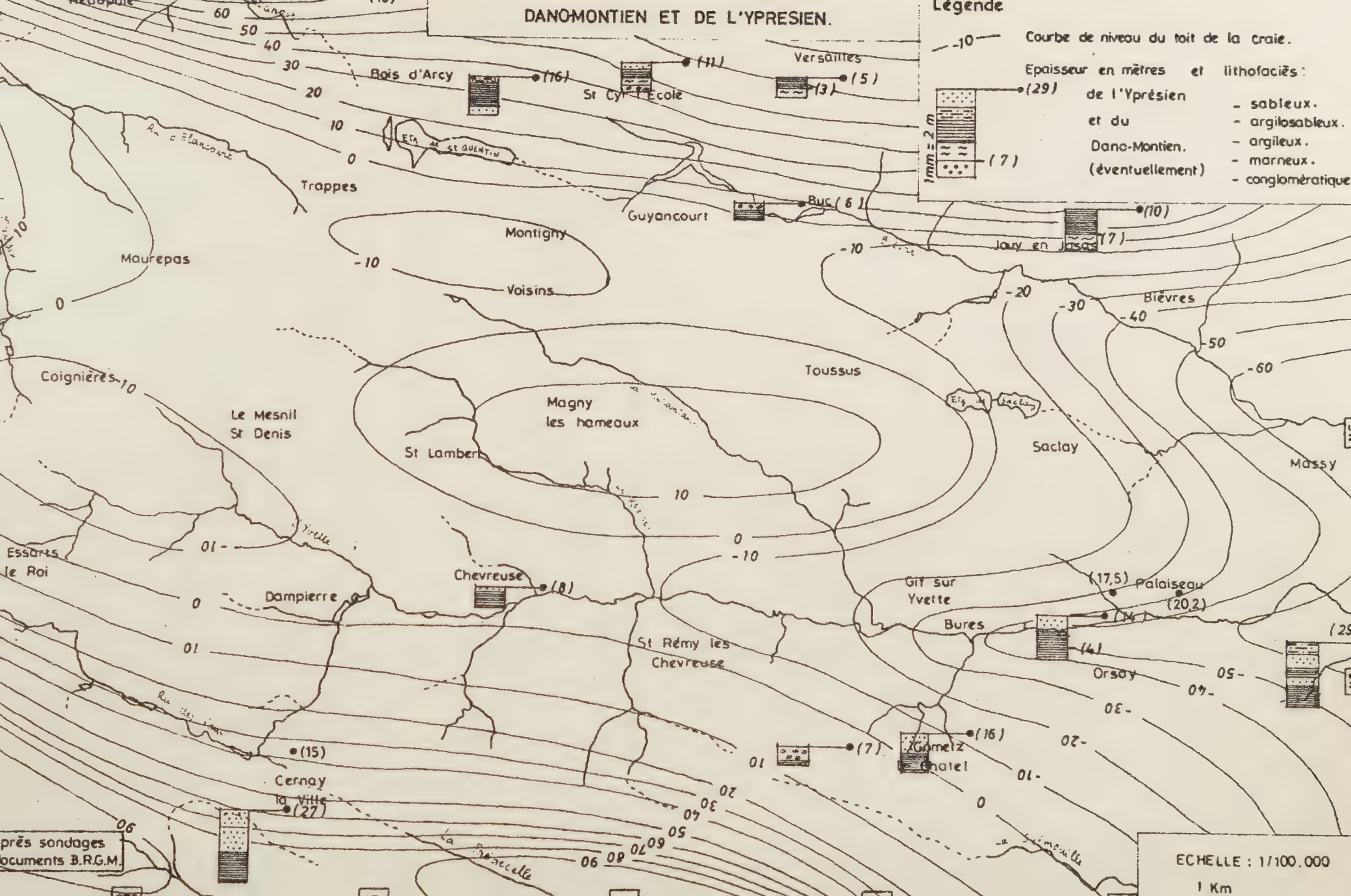
Période.	Etage et sous-étage.		Formations présentes dans la région étudiée.	Cartes N°
PLEISTOCENE.			Limon des plateaux.	hors texte.
PLIOCENE.				
MIOCENE.		HELVETIEN. / BURDIGALIEN.	Sables et argiles de Lozère.	
OLIGOCENE.	STAMPIEN. s.l.	AQUITANIEN.	Formation de Beauce.	
		STAMPIEN. s.s.	Sables de Fontainebleau.	hors texte.
			Marnes à huîtres.	
		SANNOISIEN.	Calcaire de Brie.	
			Argiles vertes de Romainville.	5
			Glaises à Cyrènes.	
EOCENE.	BARTONIEN.	LUDIEN.	Marnes supragypseuses.	
			Gypse et calcaire de Champigny.	4
			Marnes à Pholadomies.	
		MARINESIEN.	Sables de Monceau.	
			Calcaire de Saint-Ouen.	
		AUVERSIEN.	Sables de Beauchamp.	
	LUTETIEN.		Marnes et caillasses.	3
			Calcaire grossier.	
	YPRESIEN.	CUISIEN.	Sables de Cuise.	2
		SPARNACIEN.	Arkose de Breuillet.	
			Argiles plastiques et fausses glaises	
PALEOCENE.	THANETIEN. / DANOMONTIEN		Calcaire organogène.	
CRETACE.	CAMPANIEN.		Craie.	1 et 2

comme un golfe peu profond, largement ouvert sur des mers établies au NE, Nord ou NW (C. POMEROL - 1967). La ligne de rivage, s'avançant à l'intérieur des terres d'altitude moyenne faible, s'est fixée en des positions très diverses suivant les époques. Ainsi la région étudiée se trouve dans une zone de fluctuation de rivages. L'anticlinal de Beynes Meudon et surtout celui de Roumois limitent vers l'Ouest, le SW et le Sud un grand nombre de dépôts. Ils sont aussi responsables de nombreuses variations d'épaisseur et de faciès des formations les recouvrant. Les diverses zones de subsidence, souvent synclinales, ont également été la cause de phénomènes analogues. Par ailleurs, le Massif Central relativement proche et les terrains s'y appuyant ont constitué les principales aires d'alimentation fluviatile allochtone.

Ces caractéristiques tectoniques et paléogéographiques font que les formations rencontrées dans la région présentent souvent des variations importantes d'épaisseur et de lithofaciès. Il s'ensuit une grande hétérogénéité de leurs caractéristiques géotechniques et des schémas compliqués d'écoulement des nappes d'eau souterraines.

I-1322 Le DanoMontien

Cet étage débute localement par un conglomérat de craie, de silex et de calcaire, surmonté par des dépôts calcaires parfois sableux, eux-mêmes surmontés par des marnes à rognons calcaires. Ces formations ne sont pas continues (épaisseurs passant de 0 à 10 m sur de très courtes distances) et présentent des lithofaciès très variés. Elles n'affleurent pas dans la région étudiée.


DANO-MONTIEN ET DE L'YPRESIEN.
Légende
-10 Courbe de niveau du toit de la craie.
Epaisseur en mètres et lithofaciès :
de l'Yprésien
et du
Dano-Montien.
(éventuellement)
- sableux.
- argilosableux.
- argileux.
- marneux.
- conglomératique
1mm = 2 m
(29)
(7)
Bois d'Arcy
(16)
St Cyr l'Ecole
(11)
Versailles
(5)
(3)
Trappes
Guyancourt
Buc (6)
Jouy en Josas
(10)
(7)
Montigny
Voisins
Maurepas
Coignières
Le Mesnil St Denis
St Lambert
Magny les hameaux
Toussus
Bièvres
Saclay
Massy
Essarts le Roi
Dampierre
Chevreuse
(8)
St Rémy les Chevreuse
Gif sur Yvette
(17,5)
Palaiseau
(20,2)
Bures
(4)
Orsay
Gomelz
Chatel
(16)
(7)
Cernay la Ville
(27)
(15)
Près sondages
Documents B.R.G.M.
ECHELLE : 1/100.000
1 Km

I-1323. L'Yprésien (Carte n° 2)

La transgression thanétienne n'ayant pas dépassé Paris vers le Sud, le Dano Montien ou le Sénonien suivant les cas sont surmontés directement par l'Yprésien. Cet étage est divisé en 2 sous-étages : le Sparnacien et le Cuisien. On observe de bas en haut les formations suivantes :

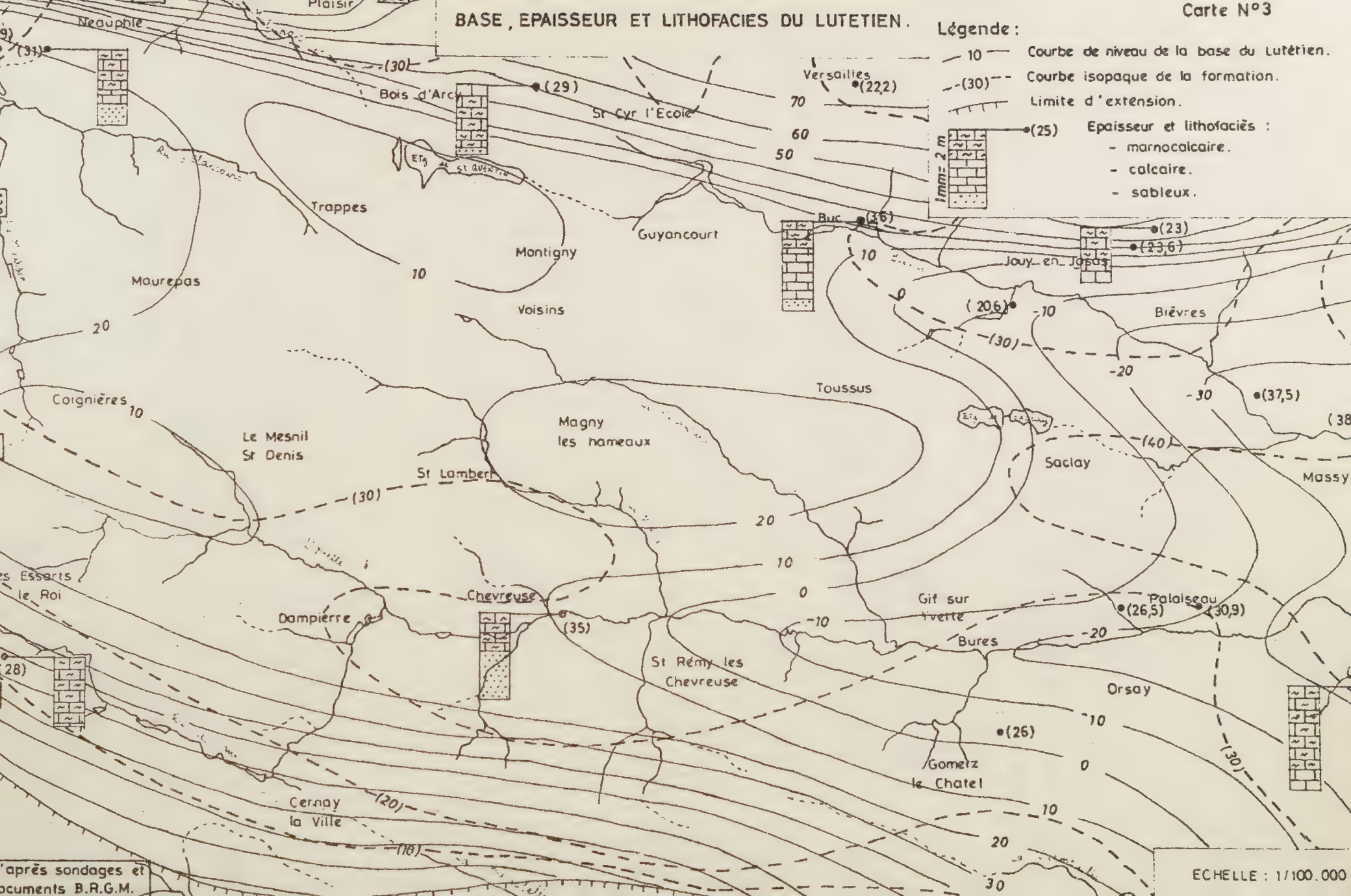
- Les "argiles plastiques", kaoliniques, parfois difficiles à différencier des "fausses glaises" sus-jacentes. Des passages sableux ou ligniteux existent dans cet ensemble argileux dont l'épaisseur est très variable (quelques mètres à plus de 10 m).

- Au N.E. ces argiles passent graduellement à des sables quartzeux, parfois ligniteux, constituant le Sparnacien terminal ou le Cuisien.

- Dans le synclinal de l'Eure on trouve l'arkose de Breuillet surmontant directement l'argile plastique et la remplaçant même latéralement dans sa partie supérieure sur les flancs de l'anticlinal du Roumois. Cette arkose est constituée de sables grossiers, quartzeux, feldspathiques et siliceux, agglutinés dans une argile kaolinique.

I-1324. Le Lutétien (carte n° 3)

Cet étage, bien représentatif de la notion de transgression au Nord de Paris, y présente les lithofaciès suivants, de bas en haut : calcaire glauconieux et sableux (Lutétien inférieur), calcaire fin (Lutétien moyen), "Marnes et Caillasses" avec gypse, silice, dolomie, argiles fibreuses (Lutétien supérieur). Cette grande régularité lithologique (dépôts de moins en moins détritiques et


BASE, EPAISSEUR ET LITHOFACIES DU LUTETIEN.
Carte N°3
Légende :
10 Courbe de niveau de la base du Lutétien.
(30) Courbe isopaque de la formation.
Limite d'extension.
(25) Epaisseur et lithofaciès :
- marnocalcaire.
- calcaire.
- sableux.
1mm= 2 m
Neauphle
Plaisir
Versailles
(222)
Bois d'Arcy
(29)
St Cyr l'Ecole
Trappes
Montigny
Guyancourt
Buc
(36)
Jouy-en-Josas
(23)
(23,6)
Maurepas
Voisins
(20,6)
Bièvres
Coignières
Toussus
Le Mesnil St Denis
Magny les hameaux
St Lambert
Saclay
(37,5)
Massy
Les Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
(35)
Gif sur Yvette
Palaiseau
(26,5)
(30,9)
Bures
St Rémy les Chevreuse
Orsay
(26)
Gometz le Chatel
Cernay la Ville
(28)
D'après sondages et documents B.R.G.M.
ECHELLE : 1/100.000

de plus en plus chimiques du bas vers le haut) est perturbée dans la région étudiée par les faits suivants.

- L'anticlinal de Meudon limite vers le Sud la transgression du Lutétien inférieur, celui du Roumois la transgression du Lutétien moyen et supérieur. A cette zone de rivage correspondent donc des dépôts hétérogènes. De plus, consécutivement à un mouvement vers le haut de l'anticlinal de Beynes Meudon, les dépôts calcaires sont nettement sableux sur les flancs de celui-ci, et gardent ce caractère pendant tout le Lutétien. Par ailleurs les apports détritiques du Massif Central cessent. Ils ne réapparaîtront qu'au Miocène.

L'épaisseur et la nature des formations lutétiennes est très variable (voir carte n° 3) : 37,5 m à Igny (25,1 m de "Calcaire Grossier" surmonté de 12,4 m de "Marnes et Caillasses"), 31 m à Palaiseau (10,6 m de calcaire surmonté de 16 m de marnes et calcaires, puis de 4,4 m de marnes). Un sondage sur la commune de Buc est décrit (Fig. n° 3). Il faut remarquer, dans les "Marnes et Caillasses" mais parfois aussi au sommet du Calcaire Grossier, la présence de gypse, en lentilles ou en bancs (un banc de 4 m d'épaisseur a été reconnu près d'Igny). On doit donc ne pas sous-estimer la présence possible de cavités de dissolution dans ces terrains.

I-1325. Le Bartonien

Cet étage se divise en 3 sous-étages : l'Auversien, le Marinésien et le Ludien. Cette fois encore l'anticlinal du Roumois limite vers le SW tous les dépôts correspondants. La région étudiée est à nouveau une zone de rivage séparant un domaine marin d'un domaine lagunaire, ce qui explique

Commune de BUC (Yvelines)
Sondage B.R.G.M. 218-4-38 X:585,66 Fig. N° 3
(interprété par M.M. Rampon et Lesage.) Y: 119,67
Z: 170.

PROF.	LOG	DESCRIPTION DES TERRAINS.	COTE	FORMATION	ETAGE
		Argile sableuse gris-verdâtre avec passées de marnes blanchâtres et de sables rubéfiés, passages de calcaire lithographique beige.		Sables de Beauchamp.	BARTONIEN.
115		Marne argileuse avec débris de silex.	55	Marnes et Caillasses.	LUTETIEN.
117		Alternance de marne et d'argile avec cristaux de gypse et débris de calcaire.			
119		Marne avec passées d'argile et de cristaux de gypse.			
120		Marne grise avec passées de marnes argileuses, de calcaires grumeleux, d'argiles, silex.			
122		Marnes sableuses avec passées calcaires, argileuses, gypse.			
123		Calcaire jaunâtre, gypse abondant, silex.			
124		Calcaire blanc, avec passées de gypse, silex.			
125		Calcaire gris avec passées de marnes vertes, de silex, de calcaire siliceux, de gypse. Débris de Cérithes ou Potamides.		Calcaire grossier.	
128		Calcaire avec passées marneuses et gypseuses.			
129		Calcaire avec passées sableuses, cristaux de gypse. Débris de fossiles.			
131		Calcaire grossier sableux gris avec passées marneuses et débris de fossiles.			
134		Calcaire grossier sableux à glauconie, gypse, quartz roulé.			
135		Calcaire grossier glauconieux et sableux avec débris de fossiles. Cristaux de gypse. Calcaire de plus en plus sableux à la base.			
141		Calcaire grossier et glauconieux avec passées ferrugineuses. Quelques grains de quartz.			
145		Marne calcaire légèrement sableuse, quelques grains de quartz et de glauconie.			
147		Sable gris (grains de quartz Ø1mm), calcaire.	23		YPRESIEN.
148		Argile sableuse (grain de quartz Ø 2 mm), calcaire.			
149		Sable fin gris (grain de quartz Ø 0,5 à 1mm)			
152		Sable argilo-calcaire (grain de quartz Ø 2 à 3 mm)			
153		Sable grossier, argileux.			
155		Argile plastique avec beaucoup de grains de quartz.			

la présence de gypse dans les Sables de Beauchamp de l'Auversien, dans le Calcaire de St-Ouen du Marinésien et dans les dépôts du Ludien. On observe de bas en haut les formations suivantes :

- Les Sables de Beauchamp. Ces sables quartzeux, souvent argileux se chargent progressivement de marne et de calcaire vers le SW (faciès sud-parisien) et peuvent être alors difficiles à distinguer des "Marnes et Caillasses" sous-jacentes. Ils contiennent parfois quelques passées gréseuses à leur sommet. A L'Est (Longjumeau) ce sont des sables argileux contenant des lentilles et des bancs de gypse saccharoïde plus ou moins pur. Leur épaisseur varie de 0 à 5 m.

- Le Calcaire de Saint-Ouen ; constituée d'une alternance de marnes avec filets d'argiles sépiolitiques et de bancs calcaires, cette formation contient également des niveaux gypseux (reconnus ainsi à Trappes, Guyancourt, longjumeau). Son épaisseur varie de 0 à plus de 12 m (Longjumeau).

- Les Sables de Monceau ont une épaisseur très réduite (rarement plus de 3 m) et sont généralement des sables très argileux.

- Les Marnes à Pholadomies : souvent difficiles à distinguer du reste du Ludien, elles ont cependant été reconnues avec une épaisseur d'environ 1 m et un faciès calcaire (à Versailles) ou marneux avec gypse (à Massy).

- Le Gypse et le Calcaire de Champigny (carte n° 4). Sur cette carte deux domaines ont été distingués. Dans le premier (au N.E.) on observe une alternance de couches de

TOIT, EPAISSEUR ET LITHOFACIES DU "GYPSE ET CALCAIRE DE CHAMPIGNY"

Carte N°4

Légende :

- 80 — Courbe de niveau du toit de la formation.
- Limite d'affleurement.
- •(13) Epaisseur en mètres.
- I Zone à faciès marneux et gypseux prépondérant.
- II Zone à faciès marneux et calcaire prépondérant.

Neauphle
Versailles
Bois d'Arcy
St Cyr l'Ecole
Trappes
Buc
Guyancourt
Montigny
Maurepas
Voisins
Jouy en Josas
Bièvres
Coignières
Toussus
Le Mesnil St Denis
Magny les hameaux
St Lambert
Saclay
Massy
Chevreuse
Gif sur Yvette
Palaiseau
Dampierre
Bures
St Rémy les Chevreuse
Orsay
Gometz le Chatel
Cernay la Ville

(?)

(22) 110 120 100 90 80 70 60 50 40 09 07 05 06

(16,0) (32,7) (25,2) (27,2) (25,3) (28 (13,6) (19,5) (7,5) (9,5) (12,8) (18,2) (>23,2) (26,7) (20,4) (>23,6)

D'après sondages et documents B.R.G.M.

ECHELLE : 1/100.000

gypse et de marnes à attapulgite (25 m d'épaisseur à Igny). Le faciès marneux et calcaire est prédominant dans le deuxième domaine. Epais de quelques mètres sur le flanc sud de l'anticlinal de Beynes-Meudon, il se présente avec plus de 10 m dans le synclinal de l'Eure (Il s'agit plus d'un faciès de transition que du véritable Calcaire de Champigny). Ces formations affleurent dans les parties aval des fonds de vallée : Bièvre, Yvette, Mauldre, Ru de Maldroit, de même évidemment que les formations suivantes.

- Les Marnes supragypseuses sont connues avec leur lithofaciès classique . A la base, sur en moyenne 10 m, ce sont des marnes argileuses avec parfois des passées gypseuses (Marnes bleues d'Argenteuil). Puis viennent des marnes calcaires, sur environ 2 m (Marnes blanches de Pantin), avec également des niveaux gypseux (reconnus à longjumeau).

Ces 2 formations ont leur limite d'extension sur le flanc Nord de l'anticlinal du Roumois.

I-1326. Le Sannoisien

Avec ce sous-étage apparaissent encore des dépôts très hétérogènes (variations importantes d'épaisseur ou de faciès sur de courtes distances) correspondant à des sédimentations marines, lagunaires ou lacustres. On observe ainsi de bas en haut :

- Les Glaises à Cyrènes : Ce sont des argiles varvées, un peu calcaires, avec quelques filets de sable fin. Elles n'existent qu'à l'extrémité N.E de la région étudiée, avec une épaisseur assez régulière de 1 m.

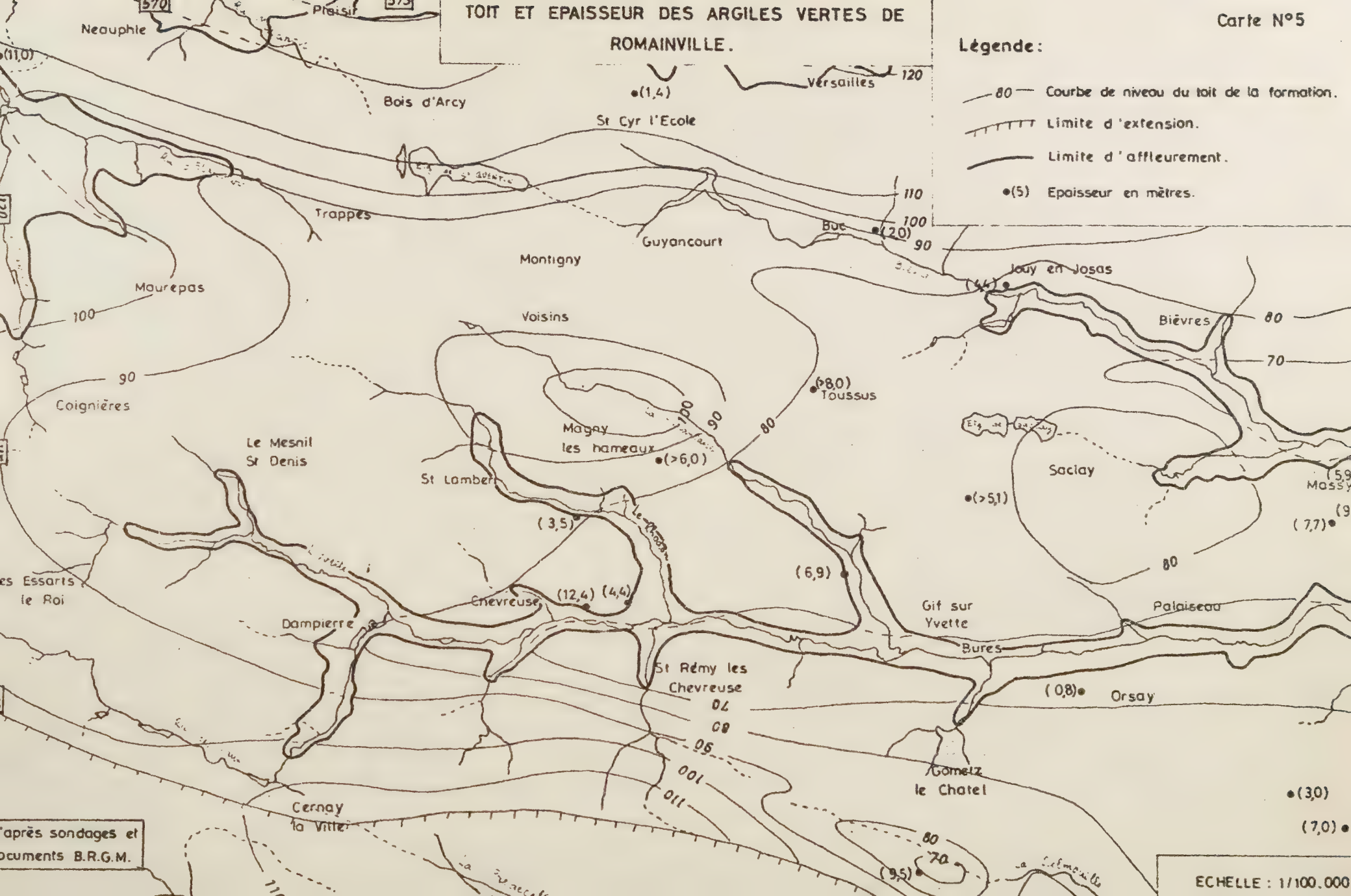
- Les Argiles Vertes de Romainville s.s. : Carte n° 5.

TOIT ET EPAISSEUR DES ARGILES VERTES DE ROMAINVILLE.

Carte N°5

Légende:

- 80 — Courbe de niveau du toit de la formation.
- Limite d'extension.
- Limite d'affleurement.
- •(5) Epaisseur en mètres.



d'après sondages et documents B.R.G.M.

ECHELLE : 1/100.000

Cette formation se présente sous un lithofaciès assez constant : argile légèrement calcaire (% $CaCO_3$ inférieur à 20 %, le plus souvent à 10 %), constituée principalement d'Illite-Glauconite, de Montmorillonite et de Kaolinite et parfois de Sépiolite.

On peut trouver au milieu ou au sommet de la couche des nodules de $CaCO_3$ (et parfois de $SrSO_4$). Son épaisseur moyenne est de 6 m. En bordure de l'anticlinal de Beynes-Meudon elle a une épaisseur souvent inférieure à 2 m et un lithofaciès plus calcaire. Sa limite d'extension se trouve sur le flanc Nord de l'anticlinal du Roumois sur lequel elle repose souvent par l'intermédiaire des seules formations yprésiennes.

- Dépôts sus-jacents aux Argiles Vertes : Si le Calcaire de Brie a été identifié à Longjumeau, on n'observe à Palaiseau et Massy qu'une marne avec calcaires silicifiés (épaisseur inférieure à 1 m) de même qu'à Chevreuse, Versailles et Neauphle Le Chateau (marne sans doute attribuable dans ce cas au Calcaire de Calluis). A Buc, Chateaufort, Saclay (Fig. n° 4) les Caillasses d'Orgemont ont été identifiées sous l'aspect d'une alternance de bancs calcaires ou marneux avec lits d'argile et niveaux gypseux. Le Calcaire de Sannois sus-jacent y a été identifié sous l'aspect d'un calcaire grossier fossilifère (4,40 m d'épaisseur au total à Saclay).

I-1327. Le Stampien s.s. et l'Aquitanien :

La grande transgression stampienne, après les dépôts laguno-marins des Marnes à Huîtres, qui n'ont pas franchi l'anticlinal du Roumois, et l'épisode régressif de la "marne blanche de Longjumeau", apporte les Sables de Fontai-

Commune de SACLAY.
Sondage B.R.G.M. 218-4-1 X : 586,61. Fig. N°4
(interprété par Cavelier et Diffre) Y : 114,25.
Z : 157,10.

PROF.	LOG.	DESCRIPTION DES TERRAINS	COTE	FORMATION	ETAGE
		Marne argileuse verdâtre mêlée de sable gris, avec empreintes de mollusques.		Marnes à huîtres.	STAMPIEN s.s.
82.00		Marne calcaire compacte gris clair, passages de marnes tendres blanches avec lit noirâtre de 1 cm à 82,40 m. (profondeur)			
82.85		Calcaire grossier ou graveleux, localement sableux, à Ostrea Cyathula. A la partie inférieure nombreuses empreintes de Pirenella plicata, Huîtres absentes.	73.60		
83.70	Δ Δ Δ Δ Δ	Gypse saccharoïde finement cristallisé.		Calcaire de SANNOIS.	SANNOISIEN
83.90		Alternance de marnes blanc crème et de filets d'argile grise à debris charbonneux.			
84.40		Marnes finement sableuses.			
84.50	Δ Δ Δ Δ Δ	Marnes bleues finement sableuses, à grosses Milioles, débris osseux et empreintes de mollusques (Cerithides et Lamellibranches) avec intercalation de marnes gypseuses non fossilifères.			
85.80	Δ Δ Δ Δ Δ Δ	Gypse saccharoïde à grain moyen, légèrement jaunâtre.	71.30	Caillasses d'ORGEMONT	
86.55		Argile grise à taches "vert pomme", avec gypse.			
86.70		Calcaire gris, légèrement gréseux.			
86.90	Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ	Gypse saccharoïde assez grossier avec minces filets de 1mm d'argile grise avec taches "vert pomme".			
87.70		Alternances de lits d'argile et de gypse.			
87.90		Argile verte un peu calcaire, sauf au sommet, avec grands cristaux de gypse fer de lance (10 cm) présentant vers la base de fines intercalations blanchâtres plus ou moins calcaires.	69.20	Argiles vertes de ROMAINVILLE.	
93.00					

nebleau. Ce sont les derniers dépôts marins que connaît le Bassin de Paris septentrional. Pendant toute cette époque, les anticlinaux de Beynes Meudon et du Roumois ont constitué des hauts fonds. Le synclinal de l'Eure s'est comporté comme une micro-fosse de subsidence. Après le retrait de la mer stampienne, un régime lacustre s'établit avec dans la région étudiée des dépôts de marnes, calcaires et argiles (Marnes de Trappes) puis d'argiles aujourd'hui partiellement meuliérisées (argiles à meulières de Beauce). Cet ensemble est regroupé, sous le terme de formation de Beauce. On observe donc de bas en haut :

- les Marnes à Huîtres : Ce sont des alternances de niveaux argileux très fossilifères et de niveaux marneux ou calcaires également très fossilifères. On y trouve parfois quelques lentilles sableuses. L'épaisseur de ces marnes dépasse rarement 6 m (à Jouy en Josas). Elle est le plus souvent égale à 3 ou 4 m (Massy, Villebon, Palaiseau, Buc, Villacoublay, St-Rémy-les-Chevreuse).

- Les Sables de Fontainebleau : il est difficile d'y établir les coupures stratigraphiques de la région d'Etampes car ils sont très peu fossilifères dans la zone étudiée. Je n'ai ainsi observé aucun fossile dans les sablières ouvertes à flanc de versant. (Il faut cependant noter que ces sablières n'intéressent jamais la base des sables et que par contre certains sondages profonds ont permis d'identifier les niveaux d'Argiles à Corbules et les faluns de Jeurre. Fig. n° 5). Ces sables quartzeux très fins se présentent sous différents faciès lithologiques. Ils peuvent être argileux, micacés et de couleur jaune ou ocre sur toute leur épaisseur (faciès de Fontenay au N.E. de la région étudiée) ou bien blancs avec de nombreuses couches horizontales de sable argileux parfois très micacé. (faciès de Chevreuse sur la plus grande partie de celle-ci).

Commune de SACLAY.
Sondage B.R.G.M. 218-4-1 (interprété par Cavelier et Diffre)
X : 586.11
Y : 114.25.
Z : 157.10.

Fig. N°5

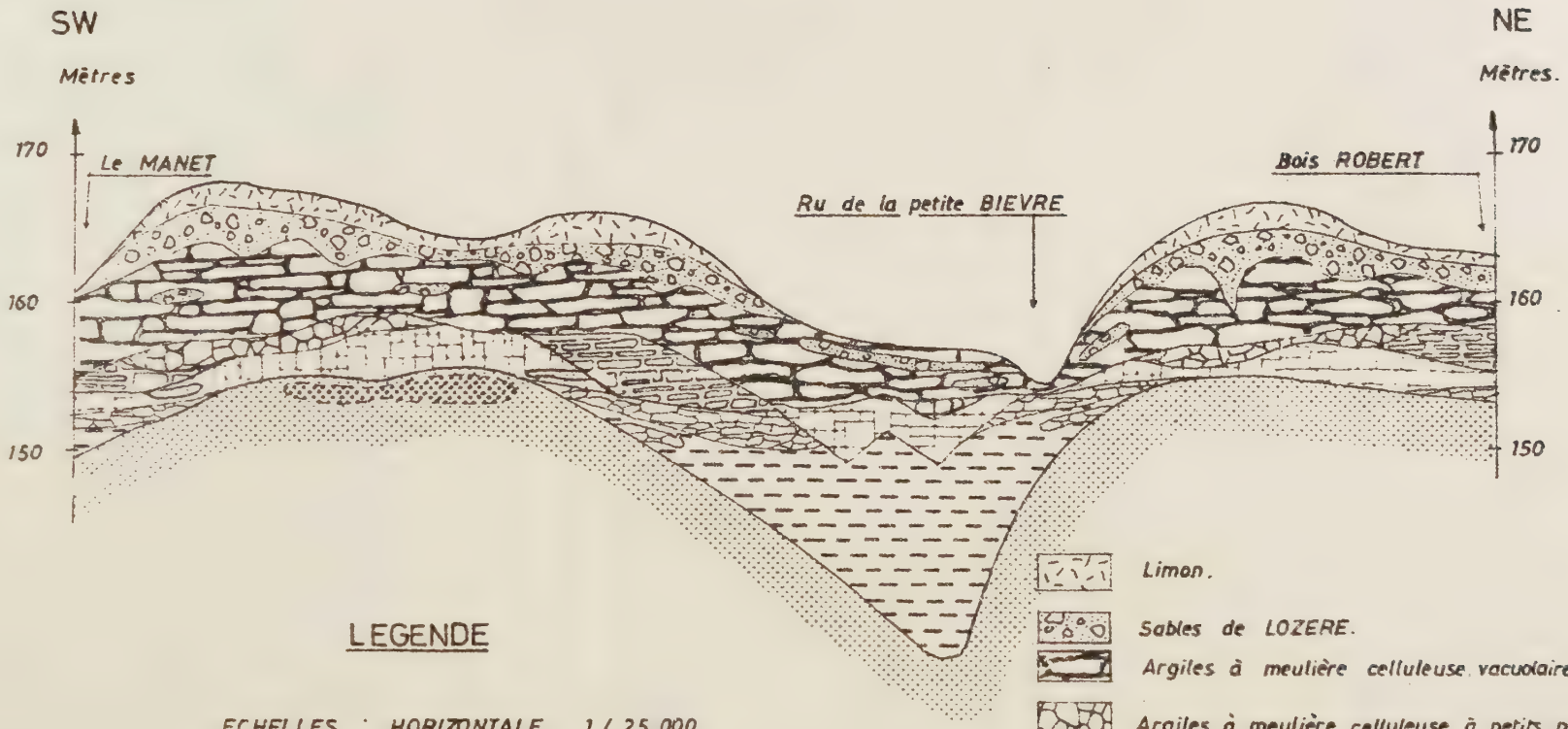
PROF.	LOG.	DESCRIPTION DES TERRAINS.	COTE	FORMATION	ETAGE.
0.		Terre végétale et limon.		Limon des plateaux	
2.20			154,90	Sable de LOZERE.	BURDIGALIEN.
3.90		Argile grise et sables grossiers.	153.20	Argile à Meulière	AQUITANIEN.
		Argile grise à rouge, avec passages de sables quartzeux grossiers et meulière celluleuse devenant compacte à la base.			
13.20			143.90	Sables de FONTAINEBLEAU.	S. S.
13.40		Argile sableuse brune et sable brun ocre.			
14.58		Sable fin blanchâtre.			
15.98		Grès quartzite gris.			
30.		Sable fin blanc.			
62.40		Sable fin verdâtre à rouille avec passage argileux entre 41,40 et 42,30 m.			
70.30		Sable argileux gris vert, très fin, micacé.			
73.		Argile sableuse gris vert, micacée, avec coquilles de Lamellibranches en voie de décalcification.	84.10	Falun de Jeurre	
74.80		Sable coquiller, argileux, gris vert, Cytherea splendida, Glycimeris angustiestatus, Corbula sp., Pirenella plicata, Potamides trochlearc, etc...			
75.		Grès calcaire tendre avec coquilles indéterminables.	82.10	Argile à Corbules (?)	
79.		Argile sableuse gris sombre avec coquilles en voie de décalcification (lucinidés très abondantes et Micula sp.)	78.10	Marnes à Huitres.	STAMPIEN
80.50		Marne calcaro-sableuse compacte dure gris verdâtre fossilifère Ostrea cyathula avec serpules fixées et empreintes de Corbula subpisum et lucinidés, mytilidés, tellinidés, Nucula st.			
81.25		Marne gris verdâtre sableuse à Ostrea cyathula et mythilidés très abondants Corbula subpisum.			
81.50		Marne argileuse à Ostrea sp. et Pirenella plicata.			
81.60		Marne argileuse à Crassostrea longirostris, Corbula subpisum.			
82.		Marne argileuse verdâtre avec sable gris. Empreintes de mollusques peu déterminables.			
82.85		Marne calcaire compacte gris clair, passages de marnes tendres blanches avec lit noirâtre de 1 cm à 82,40 (prof.)			
83.70		Calcaire grossier ou graveleux, localement sableux, à Ostrea cyathula. A la partie inférieure nombreuses empreintes de Pirenella plicata. Huitres absentes.	73.60		
83.90	Δ Δ Δ Δ	Gypse saccharoïde finement cristallisé.			SANNOISIEN

Enfin, à l'extrême S.W. ils passent à des sables blancs très purs (faciès d'Etampes). Ces faciès peuvent présenter diverses indentations, entre eux. Par ailleurs, des lits argileux d'aspect feuilleté, de quelques centimètres d'épaisseur et d'assez grande extension peuvent être observés dans les sondages et sur les fronts d'exploitation des sablières (l'analyse aux RX montre la présence de Montmorillonite, d'Illite et de Kaolinite en proportions sensiblement égales). Il faut signaler aussi la présence de lentilles ou de niveaux de sables plus grossiers par endroits. Actuellement le toit de cette formation se présente sous l'aspect d'une "tôle ondulée", succession périodique d'alignements de points bas et d'alignements de points hauts, orientés suivant la direction W.N.W-E.S.E au S.W de Paris. L'origine dunaire, tectonique ou autre, de cette morphologie n'est pas encore entièrement élucidée. Au sommet des alignements de points hauts, les sables sont souvent partiellement grésifiés (sur une épaisseur pouvant atteindre 6 m mais le plus souvent 3 à 4 m). On observe alors des bancs plus ou moins continus de grès souvent inégalement silicifiés (du "grès quartzite" au "grès friable). Parfois, 2 ou 3 dalles (de moindre épaisseur) sont superposées et séparées par de minces niveaux sableux. Ces grès peuvent être manganésifères ou cobaltifères (Palaiseau-Orsay). L'épaisseur totale des Sables et Grès de Fontainebleau varie entre 40 et 70 m (elle est maximum dans le synclinal de l'Eure).

- La formation de Beauce : La Fig. n° 6 illustre la plus grande partie des dispositions typiques observées dans la région (Nous nous référons aux descriptions détaillées de J. PREVOT : Les Meulières du Sud de la Région Parisienne - 1975. Thèse). Au droit des alignements de points bas du toit des Sables de Fontainebleau on observe de haut

Fig. N°6 COUPE SCHEMATIQUE DE LA FORMATION DE BEAUCE A St QUENTIN-EN-YVELINES.

(D'APRES LES DONNEES DES SONDAGES ET LES OBSERVATIONS DE TERRAIN) *



LEGENDE

ECHELLES : HORIZONTALE 1 / 25 000

VERTICALE 1 / 500

* D'après J.PREVOT . 1975.

- Limon.
- Sables de LOZERE.
- Argiles à meulière celluleuse vacuolaire ou à gros pores.
- Argiles à meulière celluleuse à petits pores.
- Argiles à meulière compacte (de Montmorency).
- Argiles sépiolitiques avec Opales et Caillautis calcaires, ou Meulière silexoïde
- Calcaires compacts fossilifères localement silicifiés,
- Calcaires crayeux non indurés et Meulières silexoïdes. ("Marnes" blanches de Trappes.)
- Sables de FONTAINEBLEAU.
- Grès de FONTAINEBLEAU probable.

en bas des argiles à meulière celluleuse, peu épaisses, reposant sur des argiles brunes et des calcaires crayeux ("Marnes" de Trappes) assez épais (plus de 12 m en certains endroits) parfois localement silicifiés. Au droit des alignements de points hauts on observe des argiles à meulière celluleuse assez épaisses (jusqu'à 7 ou 8 m) reposant sur les sables stampiens soit directement soit par l'intermédiaire d'un niveau d'argile brune ou de meulière compacte. En position intermédiaire, sur les flancs des ondulations du toit des Sables de Fontainebleau, la succession des terrains est plus variable . Cependant, on observe assez souvent des argiles à meulière celluleuse devenant de plus en plus compacte en profondeur, reposant sur des argiles à meulière compacte fossilifère (meulière de Montmorency) elles-mêmes reposant sur les sables de Fontainebleau, soit directement soit par l'intermédiaire de calcaire compact ou crayeux.

La formation de Beauce affleure en haut des versants et sur certaines parties des plateaux (bordures et points bas). Son épaisseur varie de quelques mètres à plus de 25 m.

I-1328. Le Burdigalien :

Cet étage est représenté par les Sables de Lozère constitués de gros grains de quartz, de feldspath et d'éclats siliceux noirs ou gris agglutinés dans une argile kaolinique. La fraction sableuse peut devenir très faible ou disparaître localement. Ces sables se présentent souvent en poches ou chenaux ravinant la formation de Beauce. Il arrive que dans les sondages on les trouve à plusieurs niveaux au sein même de cette dernière formation. Leur épaisseur varie de 0 à plus de 8 m.

I-2. L'HYDROGEOLOGIE

I-21. Les nappes

I-211. Les nappes profondes

- La nappe de l'Albien

Artésienne à l'origine, cette nappe captive n'est plus qu'ascendante actuellement. Elle a donné lieu à 1 captage à Orsay où l'on a mesuré un titre hydrotimétrique de 10°, ce qui caractérise une eau de bonne qualité. Ce captage débitait 235 m3/h en 1931, et seulement 120 m3/h en 1962. Du fait de l'abaissement important du niveau piézométrique de cette nappe, les forages pour nouveaux puits sont très règlementés.

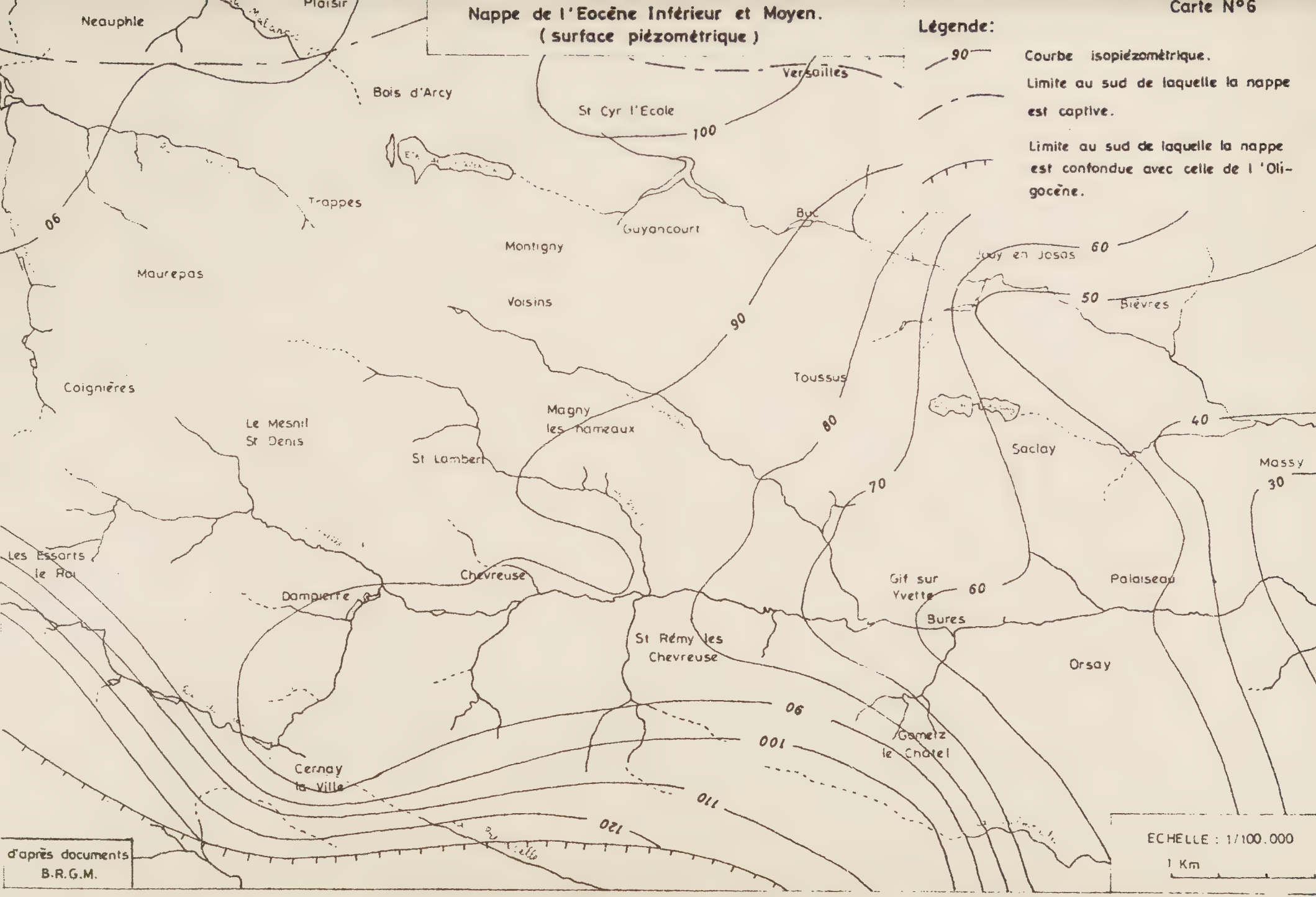
- La nappe de la craie

Cette nappe est très peu productive dans la zone étudiée. Tous les forages qui l'ont atteinte ont donné des débits insuffisants.

Les pores et micropores de la craie peuvent lui donner une porosité importante de l'ordre de 40 %. Cependant sa porosité efficace n'étant que de 2 % environ, la craie même saturée reste peu productive quand elle n'est pas fissurée. C'est ce qui doit se passer ici.

I-212. La Nappe de l'Eocène inférieur et moyen

Le réservoir de cette nappe est constitué par les calcaires du Lutétien, les Sables de l'Yprésien (avec l'arkose de Breuillet au Sud). Aucun niveau imperméable continu ne sépare ces formations. Le mur de la nappe est


Nappe de l'Eocène Inférieur et Moyen.
(surface piézométrique)
Carte N°6
Légende:
90
Courbe isopiézométrique.
Limite au sud de laquelle la nappe est captive.
Limite au sud de laquelle la nappe est confondue avec celle de l 'Oligocène.
Neauphle
Plaisir
Versailles
Bois d'Arcy
St Cyr l'Ecole
100
Trappes
Guyancourt
Buc
Montigny
Maurepas
Voisins
Jouy en Josas
60
50
Bièvres
90
Coignières
Toussus
Le Mesnil St Denis
Magny les Hameaux
80
70
St Lambert
Saclay
40
Massy
30
Les Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
Gif sur Yvette
60
Palaiseau
Bures
St Rémy les Chevreuse
Orsay
80
100
Gometz le Châtel
Cernay la Ville
110
120
d'après documents B.R.G.M.
ECHELLE : 1/100.000
1 Km

ainsi formé par les argiles de la base de l'Yprésien.

Les deux gouttières synclinales de la Bièvre et de l'Yvette la drainent fortement (Carte n° 6). Sur la majeure partie de la zone étudiée, elle est en charge sous les sables argileux de l'Auversien. La comparaison des cartes n° 3 et n° 6 montre que cette mise en charge est d'environ 30 m.

Les débits obtenus dans divers pompages ne dépassent guère 50 m3/h pour des rabattements assez importants en général (10 à 30 m), que l'on s'adresse aux calcaires fissurés du Lutétien ou aux sables de l'Yprésien. La nappe est assez peu productive ici.

De plus les eaux sont très minéralisées dans la partie Est qui correspond aux zones où le Lutétien (Marnes et Caillasses et Calcaire grossier supérieur) est souvent gypseux.

I-213. La nappe de l'Eocène supérieur

La nappe de l'Eocène supérieur est peu importante dans la région étudiée. Elle baigne les formations ludiennes (Masses et Marnes du Gypse ou Calcaire de Champigny), le calcaire de St-Ouen, les Sables de Beauchamp lorsque ces formations sont perméables. Or on observe dans celles-ci de nombreuses variations latérales des faciès lithologiques, qui peuvent être calcaires, marneux, argileux, sableux, gypseux. Il s'en suit des variations importantes des perméabilités et un schéma d'écoulement de cette nappe "multiple" très complexe. (Dans la réalité on ne dispose que de quelques niveaux d'eau). De plus le réservoir diminue d'épaisseur au droit de l'anticlinal de Beynes-Meudon

et disparaît au droit de l'anticlinal du Roumois. Par ailleurs, la fréquence des faciès gypseux ou en partie gypseux dans les formations ci-dessus fait que l'eau est très minéralisée et le plus souvent impropre à la consommation.

Il s'en suit que, pour des raisons de débits très faibles et de minéralisation trop forte, cette nappe est ici très peu exploitée. La majeure partie des puits qui ont été forés dans le passé sont aujourd'hui abandonnés ou inutilisables.

I-214. La nappe de l'Oligocène

- Nature du réservoir et du mur de la nappe :

Le réservoir principal de cette nappe est constitué par la formation des Sables de Fontainebleau. Les Marnes à Huîtres, écran semi-perméable et le Calcaire de Brie sous-jacents sont baignés également par cette nappe. Le véritable mur de celle-ci est ainsi formé par les Argiles Vertes de Romainville, formation sous-jacente aux précédentes.

On doit remarquer cependant que les niveaux piézométriques de l'eau dans les Sables de Fontainebleau et dans le Calcaire de Brie peuvent avoir des variations non identiques à cause des perméabilités différentes de ces deux formations et à cause de l'intercalation des Marnes à Huîtres, entre celles-ci. En toute rigueur il existe donc 2 nappes, mais il est convenu de considérer qu'elles se réduisent à une seule. Ceci est d'autant plus justifié que dans la zone étudiée le calcaire de Brie est peu épais, ne dépassant guère 5 m et présentant des faciès

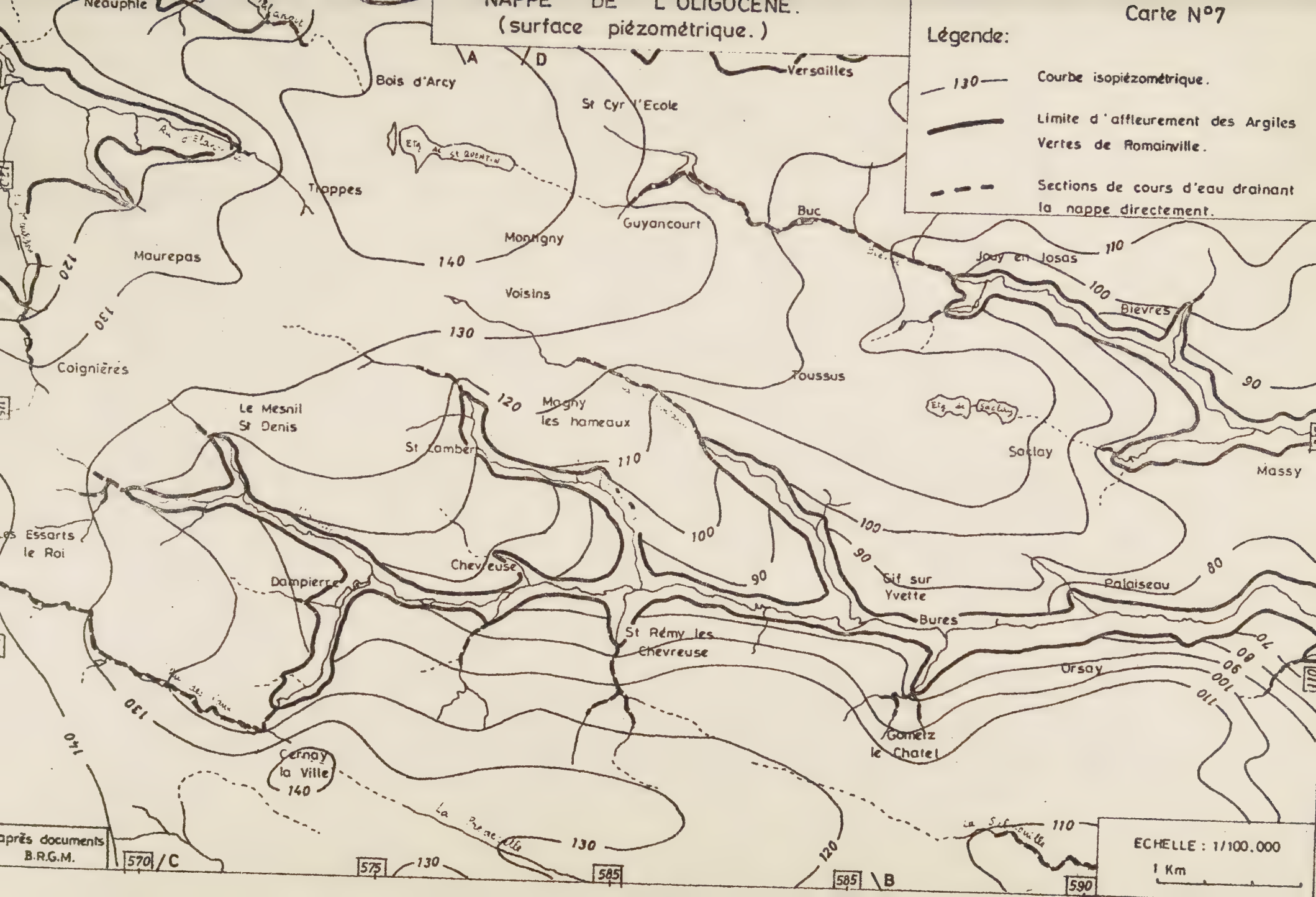
très variés, parfois peu perméables. Les Marnes à Huîtres elles-même ne dépassent pas souvent 5 m et l'essentiel de la nappe est contenu dans les Sables de Fontainebleau qui sont mouillés sur une épaisseur pouvant atteindre 40 m. De plus le Calcaire de Brie n'existe pas dans le tiers S.W de la carte où les Marnes à Huîtres reposent directement sur les Argiles Vertes de Romainville. Ces deux formations disparaissent à leur tour un peu plus à l'Ouest (sur le flanc Nord de l'anticlinal du Roumois), ainsi que toutes les formations de l'Eocène supérieur et moyen. Les Sables de Fontainebleau reposent alors directement sur les Sables et argiles du Sparnacien et la nappe de l'Oligocène communique avec celle de l'Eocène inférieur. Le réservoir principal de cette nouvelle nappe est encore constitué par les Sables de Fontainebleau car ceux-ci sont séparés des argiles plastiques imperméables du Sparnacien que par quelques mètres de formations argilo-sableuses (arkose de Breuillet...).

- Surface piézométrique et puissance de la nappe :

Il s'agit d'une nappe libre dont le toit dans la zone étudiée ne mouille jamais la formation de Beauce sus-jacente aux Sables de Fontainebleau.

A partir des Cartes n° 7 et n° 5 donnant la surface piézométrique de la nappe et le toit des Argiles Vertes, on peut faire les observations suivantes :

. Les différences de cotes entre les dômes piézométriques et les lignes d'émergence de la nappe nous montrent que celle -ci est fortement drainée par les vallées de la Bièvre et de l'Yvette. Cependant les 2 gouttières synclinales des Argiles Vertes correspondant à ces deux vallées accentuent le phénomène en induisant un fort gradient d'écou-


NAPPE DE L'OLIGOCENE.
(surface piézométrique.)
Carte N°7
Légende:
130 Courbe isopiézométrique.
Limite d'affleurement des Argiles Vertes de Romainville.
Sections de cours d'eau drainant la nappe directement.
Neauphle
Bois d'Arcy
St Cyr l'Ecole
Versailles
Trappes
Maurepas
Montigny
Guyancourt
Buc
Voisins
Coignières
Toussus
Le Mesnil St Denis
St Lambert
Magny les hameaux
Jouy en Josas
Bièvres
Massy
Saclay
Les Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
Gif sur Yvette
Palaiseau
Bures
St Rémy les Chevreuse
Orsay
Gometz le Chatel
Cernay la Ville
110
120
130
140
90
100
80
A
D
B
C
570
575
585
590
ECHELLE : 1/100.000
1 Km
Après documents B.R.G.M.

lement de la nappe dans le même sens que le drainage des vallées.

. Les fonds de vallée sont souvent encombrés de marais et de tourbières. La disparition de ces zones humides vers l'amont du cours d'eau indique que la cote du toit de la nappe est alors inférieure à la cote du lit du ruisseau.

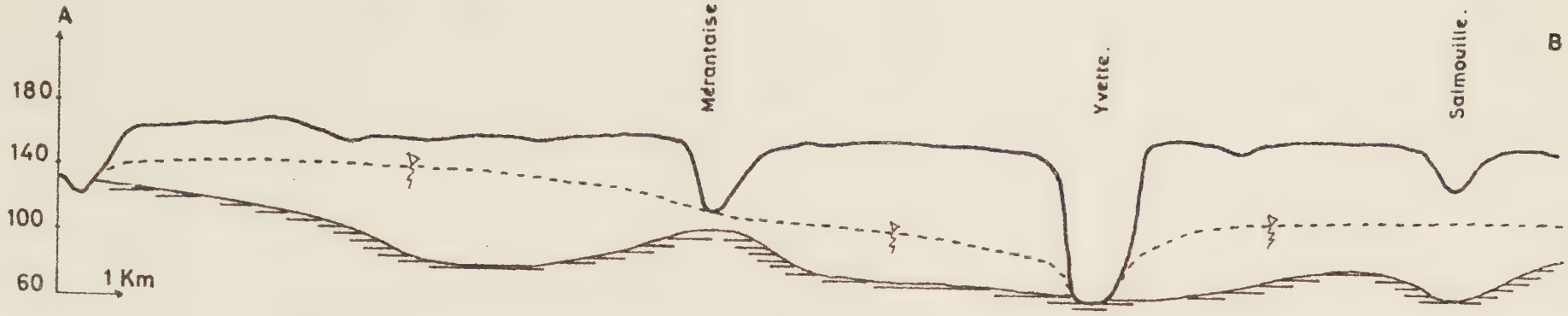
. On peut par ailleurs observer le cas particulier du Ru des Vaux de Cernay, dans la partie de son tracé d'orientation W.N.W-E.S.E. La nappe est drainée par le versant exposé au N.N.E bien plus que par le ruisseau lui-même (Fig. n° 7). Il est vraisemblable qu'il ne devait être que faiblement encaissé alors que l'ensemble du réseau hydrographique s'enfonçait dans les couches et qu'un équilibre s'établissait entre la nappe baignant les Sables de Fontainebleau et le niveau d'équilibre des cours d'eau. S'enfonçant tardivement, le Ru des Vaux de Cernay se serait alors trouvé "surimposé" par rapport aux conditions hydrogéologiques, avec un tracé perpendiculaire à la direction d'écoulement de la nappe ; d'où la morphologie particulière de ce versant désorganisé, parsemé de replats, de buttes, d'entailles, morphologie qu'on retrouve sur certains versants de la région, mais pas au point où on peut l'observer sur les Vaux de Cernay.

Toute l'alimentation de cette nappe provient de l'infiltration des eaux météoriques à travers les limons et la formation de Beauce. Les eaux qui s'infiltrent sur les versants sableux, de même que les eaux de ruissellement qui se rassemblent dans les parties amont des cours d'eau ne rejoignent la nappe que très provisoirement pour être ensuite drainées par les cours d'eau. Il faut remarquer par ailleurs qu'une partie des eaux d'infiltration est

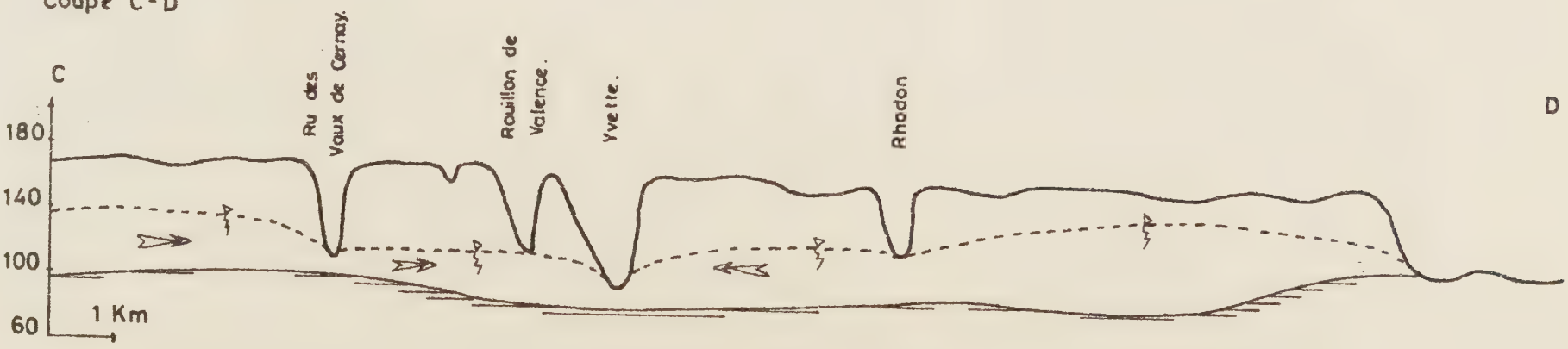
Fig. N°7 COUPES SCHEMATIQUES DE LA NAPPE OLIGOCENE.

Pour l'emplacement de ces coupes
se reporter à la carte N° 7

Coupe A-B.



Coupe C-D



récupérée très vite par les drains de culture, rassemblée dans les diverses rigoles des plateaux par lesquelles elle s'écoule vers les étangs de Saclay, Verrière ou St-Quentin et de là retourne aux ruisseaux.

Remarquons enfin que, du fait de l'urbanisation croissante des plateaux et de l'imperméabilisation des sols qui en résulte, les eaux d'infiltration diminueront au profit des eaux de ruissellement qui sont rassemblées dans divers étangs régulateurs et de là restituées aux cours d'eau.

- Caractéristiques hydrodynamiques du réservoir ; pompages ; hydrochimie.

Les Sables de Fontainebleau qui constituent la plus grande partie du réservoir ont une perméabilité moyenne. La formule empirique de Hazen, basée sur la courbe granulométrique du matériau, donne la perméabilité $K_{m/s} = d_{10}^2$ cm où d_{10} est le diamètre moyen des grains tel qu'il existe 10 % en poids du matériau total de grains de dimension inférieure. On obtient par exemple pour un sable propre (d_{10} = 105 µ), K = $1,1.10^{-4}$ m/s). Une moyenne obtenue à partir de 13 essais de pompages, donne K = 0,31 x 10^{-4} m/s (K variant de 0,12 à 1,14 x 10^{-4} m/s). D'après les débits spécifiques relevés on est conduit à admettre, pour la transmissivité, des valeurs variant entre 0,2 x 10^{-3} m^2/s et 6 x 10^{-3} m^2/s (fonction de la perméabilité locale du matériau et de l'épaisseur mouillée). L'emmagasinement serait supérieur à 10 %. Il peut être estimé à 1 % dans la formation de Brie, en considérant les faciès lithologiques présents dans la région. On voit donc, si l'on compare l'épaisseur de la formation de Brie avec l'épaisseur mouillée des Sables de Fontainebleau, que la

formation de Brie contient moins de 10 % de la réserve en eau disponible dans la nappe oligocène.

On y effectue des pompages pour l'alimentation en eau potable, secondairement pour des besoins industriels ou agricoles. Les pompages les plus importants sont ceux de la région de Trappes, de Coignières et de Saclay (2000 m^3/j à Saclay pour des besoins industriels).

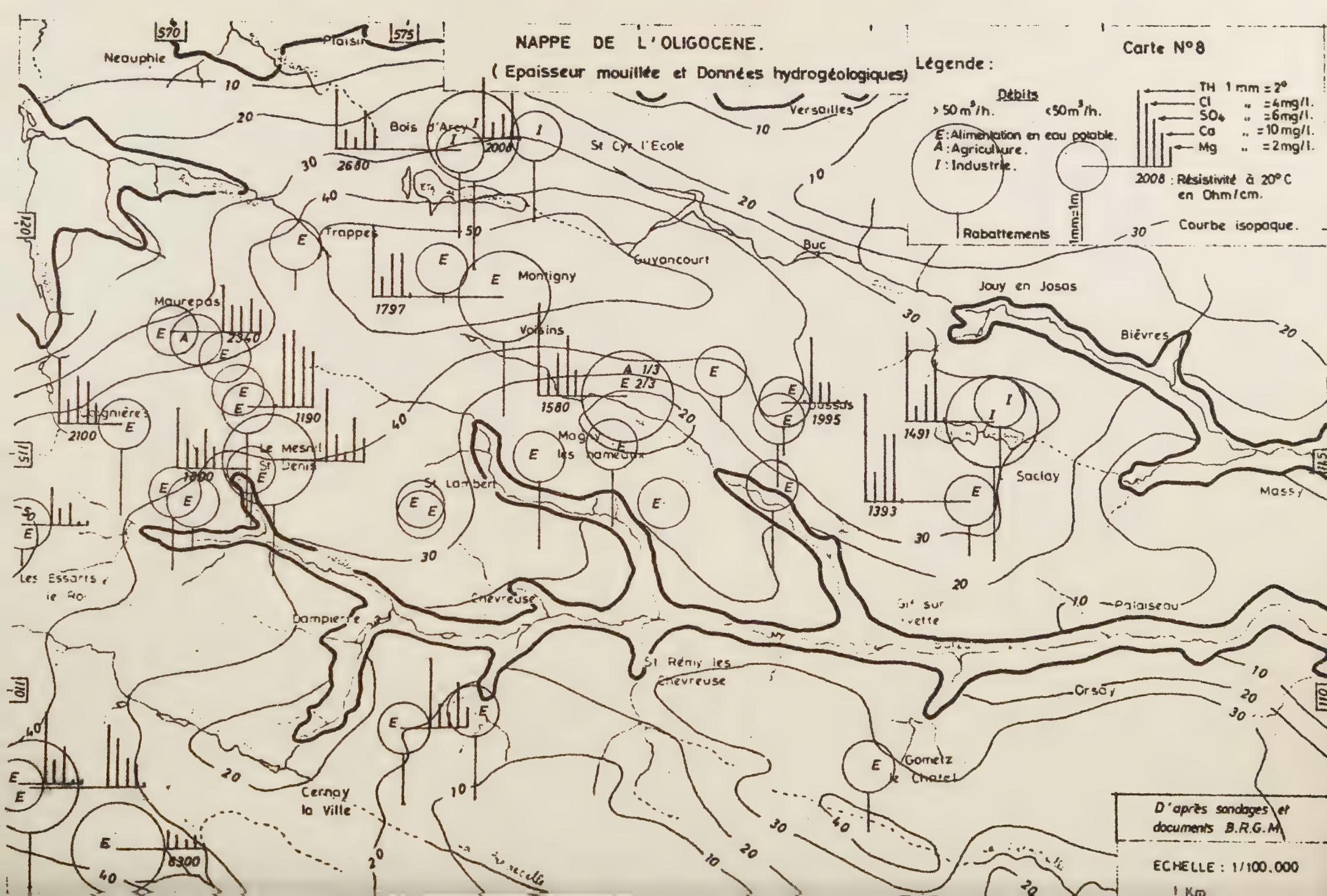
Les débits obtenus varient de quelques m^3/h à peu près de 100 m^3/h avec une moyenne de 27 m^3/h (sur 42 valeurs). Les plus forts débits ne sont obtenus qu'au prix de forts rabattements pouvant aller jusqu'à 20 m. (carte n° 8).

D'un point de vue technologique, il faut remarquer qu'il est difficile de pomper l'eau des Sables de Fontainebleau car ces sables de granulométrie très fine colmatent les crépines. Aussi a-t-on intérêt à installer celles-ci dans la formation de Brie, quand elle existe. C'est ce qui est fait pour quelques pompages.

La minéralisation de cette eau est faible à moyenne. Le degré hydrotimétrique varie de quelques degrés jusqu'à 46°, avec en moyenne 26° (sur 30 valeurs), ce qui caractérise une eau assez dure, mais cependant propre à la consommation.

- Etat et exploitabilité de la nappe

Cette nappe constitue une ressource naturelle qu'il est nécessaire de connaître quantitativement et qualitativement pour pouvoir la gérer au mieux et si nécessaire la


NAPPE DE L'OLIGOCENE.
(Epaisseur mouillée et Données hydrogéologiques)
Carte N°8
Légende :
Débits
> 50 m³/h.
< 50 m³/h.
E : Alimentation en eau potable.
A : Agriculture.
I : Industrie.
Rabattements
TH 1 mm = 2°
Cl " = 4 mg/l.
SO4 " = 6 mg/l.
Ca " = 10 mg/l.
Mg " = 2 mg/l.
2008 : Résistivité à 20° C en Ohm/cm.
1mm=1m
Courbe isopaque.
Neauphle
Plaisir
Versailles
Bois d'Arcy
St Cyr l'Ecole
Trappes
Montigny
Guyancourt
Buc
Jouy en Josas
Maurepas
Voisins
Bièvres
Magny les Hameaux
Saclay
Massy
St Lambert
Le Mesnil St Denis
Les Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
Gif sur Yvette
Palaiseau
St Rémy les Chevreuse
Orsay
Gometz le Chatel
Cernay la Ville
D'après sondages et documents B.R.G.M.
ECHELLE : 1/100.000
1 Km

protéger. La carte n° 8 montre qu'il existe une zone où cette nappe est particulièrement importante :

Guyancourt, Montigny, Trappes, Coignières, Les Essarts le Roi.

C'est une zone déjà exploitée, sans cependant que l'on y observe de rabattement permanent de la nappe. C'est d'ailleurs là que l'on obtient les débits spécifiques les plus forts (débits stables obtenus pour 1 m de rabattement). On peut l'exploiter plus encore à condition d'en contrôler régulièrement le niveau piézométrique.

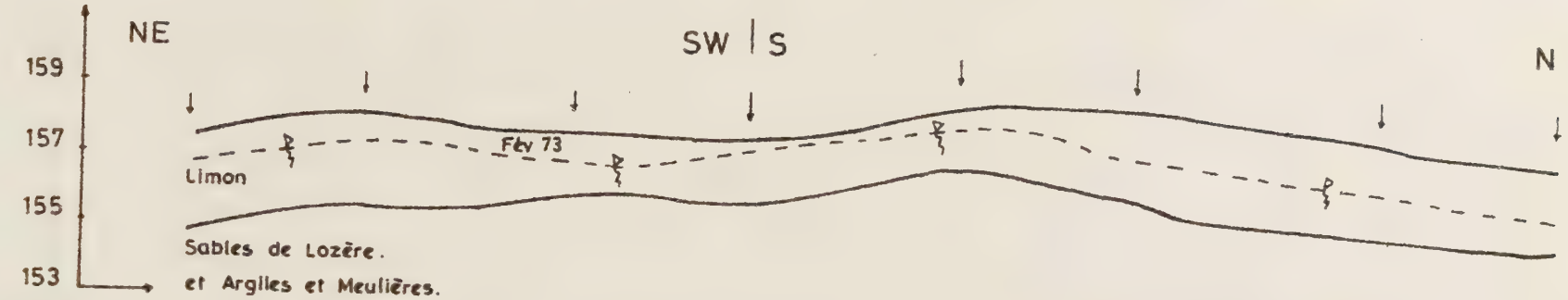
De toutes façons cette nappe ne peut servir que d'appoint. Elle ne peut pas répondre par exemple à l'accroissement de demande en eau potable engendré par l'urbanisation.(différents concessionnaires répondent à cette demande par de l'eau pompée dans la nappe de la craie ou des alluvions en aval de Paris.

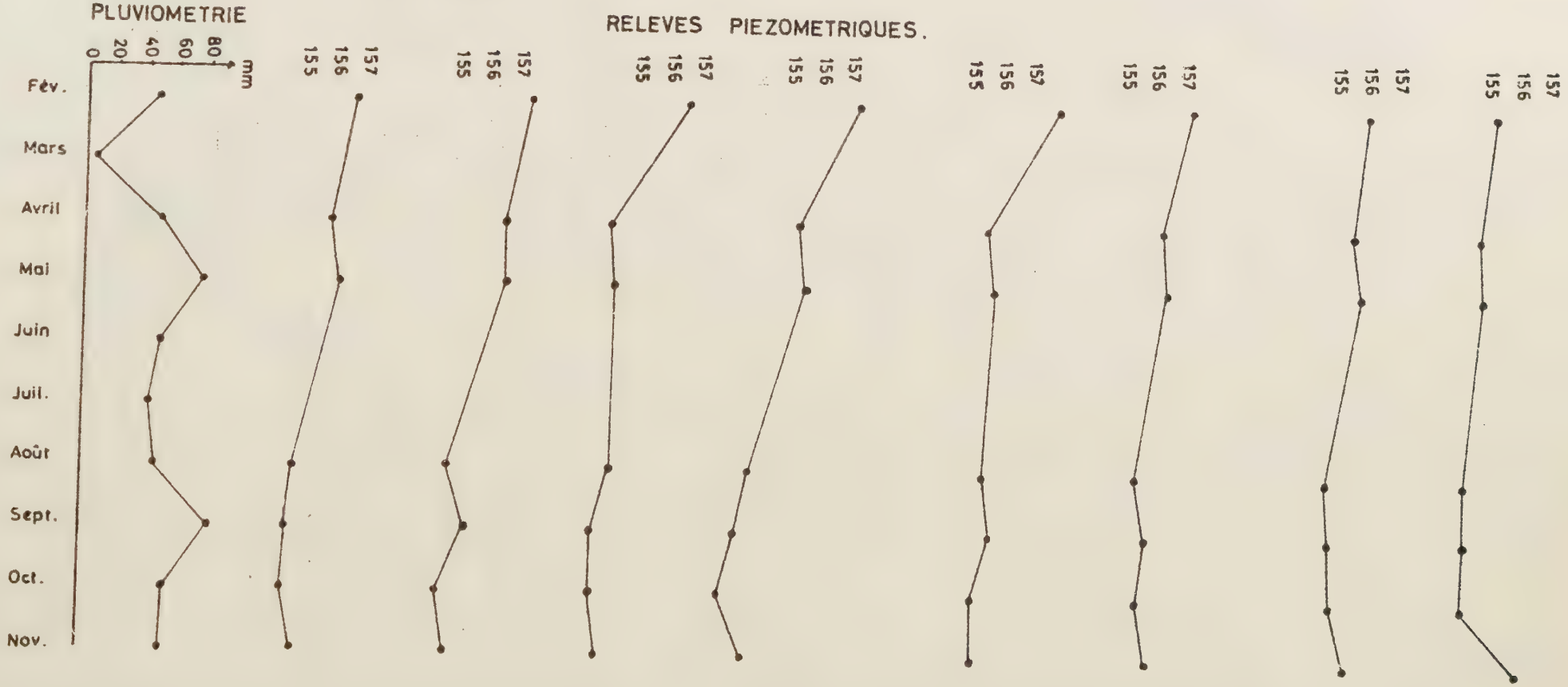
Il faut aussi contrôler la qualité de cette eau, c'est à dire éviter toute pollution du fait du développement des agglomérations (les réseaux de collecteurs d'eaux pluviales et d'eaux usées doivent y répondre), des industries, des décharges. De nombreuses sablières sont actuellement en cours de remblaiement en décharge. Il importe que celles-ci soient contrôlées. Cependant comme elles se trouvent toujours à flanc de versant c'est l'eau des ruisseaux qui se trouve polluée bien plus que la nappe elle-même.

I-215. La nappe phréatique des plateaux

Le réservoir de cette nappe est constitué par les limons des plateaux et les Sables et Argiles de Lozère quand ils sont présents. Le mur est constitué par la

Fig. N°8 Balancement de la nappe phréatique. (Plateau de Palaiseau - Année 1973)





formation de Beauce (Argiles à meulière supérieures).

En fait, le niveau d'eau contenu dans les limons est peu important et dépend directement de la pluviométrie. Durant les périodes sèches, les piézomètres ne donnent aucun niveau d'eau dans les limons. A l'inverse, durant les périodes pluvieuses, le niveau d'eau remonte jusqu'à la surface du sol dans les zones déprimées et mal drainées. La figure n° 8 illustre ce balancement important de la nappe en fonction de la pluviométrie. Les chenaux et poches de Sables argileux de Lozère, souvent perméables et poreux, constituent des zones privilégiées où l'eau s'accumule. Par ailleurs, les argiles à meulière de Beauce très imperméables et souvent saturées contiennent aussi des zones favorables (de fort pourcentage rocheux) à l'accumulation de l'eau. Il est bien connu des anciens carriers que l'apparition en front de taille de zones à gros blocs de meulière s'accompagne toujours de venues d'eau importantes. Dans le passé de nombreux puits ont été creusés jusque dans les argiles meulière . La plupart étaient secs l'été. Cependant certains donnaient une eau propre à la consommation à longueur d'année (tel le puits du lieudit "Le Bon Puits" sur le plateau de Palaiseau), ce qui fait penser que certaines circulations privilégiées existent dans les argiles à meulière de Beauce.

Signalons aussi qu'au droit des alignements de points bas du toit des Sables de Fontainebleau les "Marnes de Trappes" sont souvent saturées. Leur porosité efficace est cependant très faible.

Il est évident que cette nappe phréatique des plateaux ne constitue pas une ressource en eau intéressante.

Il faut signaler que le drainage des plateaux a contribué à en abaisser le toit. La première façon de drainer les terres, de l'avis de plusieurs exploitants actuels, a été de créer de nombreuses rigoles (en fait de simples sillons approfondis) permettant à l'eau de s'écouler vers une zone basse : bordure de plateau ou bien mare naturelle sur le plateau. Ce n'est qu'au XVIIème siècle qu'apparaît un véritable aménagement hydraulique. Colbert fit réaliser un ensemble de rigoles ceinturant les plateaux, rassemblant l'eau apportée par des drains en poterie enfouis dans le sol, et la dirigeant, par simple gravité, vers divers étangs (la Verrière, St-Quentin, Bois d'Arcy, Bois Robert, Orsigny, Trou Salé, Saclay) d'où elle gagnait Versailles pour y alimenter les Grandes Eaux. Par la suite le système de drains en poterie fut amélioré. Actuellement une grande partie de ceux-ci fonctionne encore très bien, de même que les rigoles lorsqu'elles sont bien entretenues.

I-22. Les étangs régulateurs

Dans la nouvelle phase d'urbanisation que connaissent les plateaux, il a fallu tenir compte de l'aménagement hydraulique préexistant, en particulier pour les problèmes d'évacuation des eaux de ruissellement. Sur le plan technique de l'urbanisation, ce dernier problème est très important et se traduit par un surcroît de prix de revient des habitats, que doit supporter la collectivité, surcroît bien plus important par exemple que ceux engendrés par l'existence des marnières en certaines zones ou par les terrassements particuliers des argiles à meulière (chapitre III).

Nous avons déjà évoqué les raisons de ce problème. Un rapide calcul en fait comprendre l'ampleur : sur les

600 mm de précipitation annuelle, environ 150 mm ruissellent et gagnent le réseau hydrographique (ce qui correspond à un coefficient de ruissellement moyen de 25 %). Les 450 mm restants sont restitués, pour une grande partie, à l'atmosphère par les phénomènes d'évapotranspiration, ou gagnent les nappes. Or, le coefficient de ruissellement varie en fonction de la nature des terrains, de la topographie, de la durée moyenne des pluies et surtout du type d'occupation des sols. On en obtient une bonne approximation en ne considérant que ce dernier facteur et en prenant les valeurs suivantes : bois 5 %, terres agricoles 10 à 15 %, zones pavillonnaires 25 à 40 %, habitat collectif : 60 à 80 %, zones industrielles : 85 %, centres-villes 90 à 95 %. On constate donc que, dans le cas d'une urbanisation importante, les 150 mm de ruissellement seront fortement augmentés au détriment de l'évapotranspiration et de l'alimentation des nappes. Cette augmentation a été estimée à 75 mm en moyenne, sur l'emprise de la Ville Nouvelle de Saint-Quentin en Yvelines. Il y aura ainsi 225 mm d'eau (coefficient de ruissellement moyen 37 %) qui ruisselleront, au lieu de 150 mm avant l'urbanisation, ce qui signifie que la quantité d'eau à évacuer par les cours d'eau va augmenter de 50 % (en moyenne sur l'année). Mais il faut surtout pouvoir répondre aux débits de pointe. Or, dans le cas du bassin versant de la Bièvre, en aval des étangs de la Geneste (zone du Centre Ville Principal) le débit de pointe, lors d'une précipitation décennale sera de 40 m^3/s alors que le débit maximal admissible pour la Bièvre en cet endroit est de 1 m^3/s.

Comme des collecteurs rejoignant un grand émissaire tel la Seine auraient dû avoir des capacités de transport très importantes compromettant la rentabilité de leur réalisation, il a été décidé de stocker ces eaux de ruis-

sellement, lors des précipitations, dans des étangs régulateurs, pour ne les relâcher que lentement au rythme de décharge des terrains naturels.

La réalisation de ces étangs pose plusieurs problèmes à l'aménageur :

- leur localisation : il est nécessaire de la prévoir très tôt dans les plans d'aménagement.

- leur réalisation : indépendamment des problèmes de terrassement dans l'argile à meulière, il faut s'assurer de l'imperméabilité du fond de ces étangs.

- leur intégration dans un site urbain : on en tire le meilleur profit en les rapprochant des zones imperméabilisées engendrant les plus forts débits, c'est à dire en les rapprochant des zones où l'urbanisation est la plus dense. Aussi faut-il prévoir, pour satisfaire à des conditions de maintenance, de salubrité et d'esthétique, et dans la mesure du possible :

. des bassins toujours en eau
. une profondeur suffisante pour éviter un développement de la végétation aquatique enracinée au fond
. une élévation du niveau d'eau faible en cas de précipitation importante (bassins de grande surface)
. un entretien régulier.

CHAPITRE II

ETUDE PARTICULIERE DE LA GEOMORPHOLOGIE ET DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Dans ce chapitre nous avons d'une part précisé la description morphologique de la région étudiée, en comparant données morphologiques et données géologiques. Nous avons d'autre part décrit les formations superficielles. Cette étude doit donner les bases d'un zonage pour l'aménagement qui sera abordé dans la conclusion générale.

II.1 - ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE

II-11. Présentation paléogéographique

Après la réalisation de la surface oligo-miocène formée depuis l'Aquitanien jusqu'à la fin du Burdigalien, le contrecoup de l'orogénèse alpine provoque un basculement et un soulèvement de cette surface d'érosion qui se déforme. Ces déformations sont souvent le résultat de réajustements et de rejeux de failles, d'accentuations de structures anticlinales ou synclinales, et semblent être parfois à l'origine des tracés de nos rivières actuelles.

La crise tectonique commencée à l'Helvétien s'accompagne d'une importante reprise de l'érosion qui s'intensifie pendant tout le Pliocène, favorisée encore par un changement climatique, le climat de tendance aride passant à un climat sub-tropical semi-aride.

Pendant toute cette période les plateformes structurales du Bassin de Paris se dégagent, les buttes-témoins s'individualisent au-delà des fronts de ces plateformes (C. POMEROL - 1967). Celles-ci sont entaillées par les cours d'eau et la plus grande partie du réseau hydrographique actuel est mis en place.

C'est au Pléistocène, qui marque le début de l'ère Quaternaire que le Bassin de Paris acquiert sa morphologie actuelle. Un changement important de climat a lieu. C'est l'ère des glaciations qui entraînent un abaissement eustatique du niveau des mers sur toute la surface du

globe. Il s'en suit une reprise vigoureuse de l'érosion et un enfoncement des vallées favorisé encore par une néo-tectonique (C. POMEROL - 1967) au cours de laquelle se poursuit le lent mouvement de soulèvement commencé à l'Helvétien.

Le Bassin de Paris, en bordure de l'inlandsis, connaît un climat périglaciaire : à ce type de climat est associé l'existence d'un pergélisol, sol gelé toute l'année pendant les périodes froides du Quaternaire, surmonté d'un mollisol soumis à des cycles de gel-dégel.

C'est à cette époque que les formations superficielles doivent une grande part de leur genèse et de leurs caractéristiques. On observe en effet un épandage de cailloutis de meulière et de Sables de Lozère sur les plateaux, surmonté d'un dépôt éolien de limon calcaire ou loess, en partie décarbonaté et remanié aujourd'hui. On observe aussi un modelé des versants, très variable en fonction de l'exposition de ceux-ci, les versants exposés au N et à l'E évoluant surtout par solifluxion , ceux exposés au S et à l'W évoluant par ruissellement et présentant de ce fait des pentes plus fortes que les précédents. On observe enfin en fond de vallée la présence d'épaisses alluvions fines dans lesquelles s'intercalent des niveaux de tourbes et de vases, les cours d'eau se montrant souvent incapables d'assurer le transport des produits de l'érosion.

II-12. Description simplifiée de la morphologie régionale

Le plateau de Trappes-Saclay, entaillé par de nombreuses vallées, constitue la bordure Nord de la surface oligo-miocène dite aussi surface de Beauce, ou

surface aquitanienne. Il y a quelques millions d'années, celle-ci s'avançait très au Nord de Paris : en effet, de nombreuses buttes-témoins permettent d'affirmer que cette surface s'étendait au moins jusqu'à Villers-Cotterets, et certainement bien au-delà. Plus près de Paris, la butte de Montmorency et la butte de Cormeilles sont aussi des témoins de cette ancienne surface. Enfin, le plateau de Marly, très disséqué par l'érosion, n'est plus relié à cette surface oligo-miocène que par quelques étroits pédoncules.

Les plateaux de Trappes-Saclay, de Magny-Les-Hameaux, du Mesnil Saint-Denis, de Limours, qui constituent le cadre de cette étude, sont aussi très entaillés par l'érosion. A l'Ouest et au Nord, la Mauldre et son affluent principal le Ru de Gally tracent avec vigueur les limites Ouest et Nord du plateau de Trappes. Les rus de Maldroit, d'Elancourt et de Maurepas entaillent celui-ci. A l'Est, la Bièvre et l'Yvette s'encaissent profondément d'une centaine de mètres.

- Certains de leurs affluents tels le ruisseau de Vauhallan, la Mérantaise, le Rhodon, le Ru de Pommeret, le Ru des Vaux de Cernay découpent en lanières la surface oligo-miocène, tandis que d'autres tels le ruisseau de Vaularon, le ruisseau de Saint-Paul, le Ru d'Ecosse-Bouton attaquent le plateau de Limours.

On distingue ainsi dans le paysage deux formes principales :

- les plateaux et les vallées :

- Les plateaux : leur altitude moyenne est assez

constante, autour de 160-175 m. Certains de ces plateaux, et principalement celui de Trappes.Saclay,présentent une inclinaison d'ensemble de N.W. vers le S.E. Il n'en est pas de même pour celui de Vélizy au N.E. et celui de Limours au Sud qui sont sub-horizontaux et ont une altitude moyenne assez forte : 175 m.

- Les vallées. Plusieurs faits retiennent l'attention : Ces vallées sont très encaissées, d'une cinquantaine de mètres environ dans leur cours moyen, alors que le cours d'eau qui les draine ne mérite le plus souvent que le nom de ruisseau.

Elles présentent une orientation caractéristique NW-SE. Par ailleurs, les cours d'eau "collent" le long de leurs versants exposés au SW. Souvent on n'observe des grès que sur ces seuls versants.

Enfin on doit remarquer une dissymétrie des versants, ceux exposés au S, SW et W étant plus abrupts que ceux exposés au N, NE et E. Une dissymétrie analogue est marquée dans les têtes des vallons, et se poursuit dans les vallées sèches des plateaux et dans les formes d'érosion les plus légères de ceux-ci.

II-13. Réalisation d'une carte des Pentes et des Bassins Versants (1/25.000 hors texte).

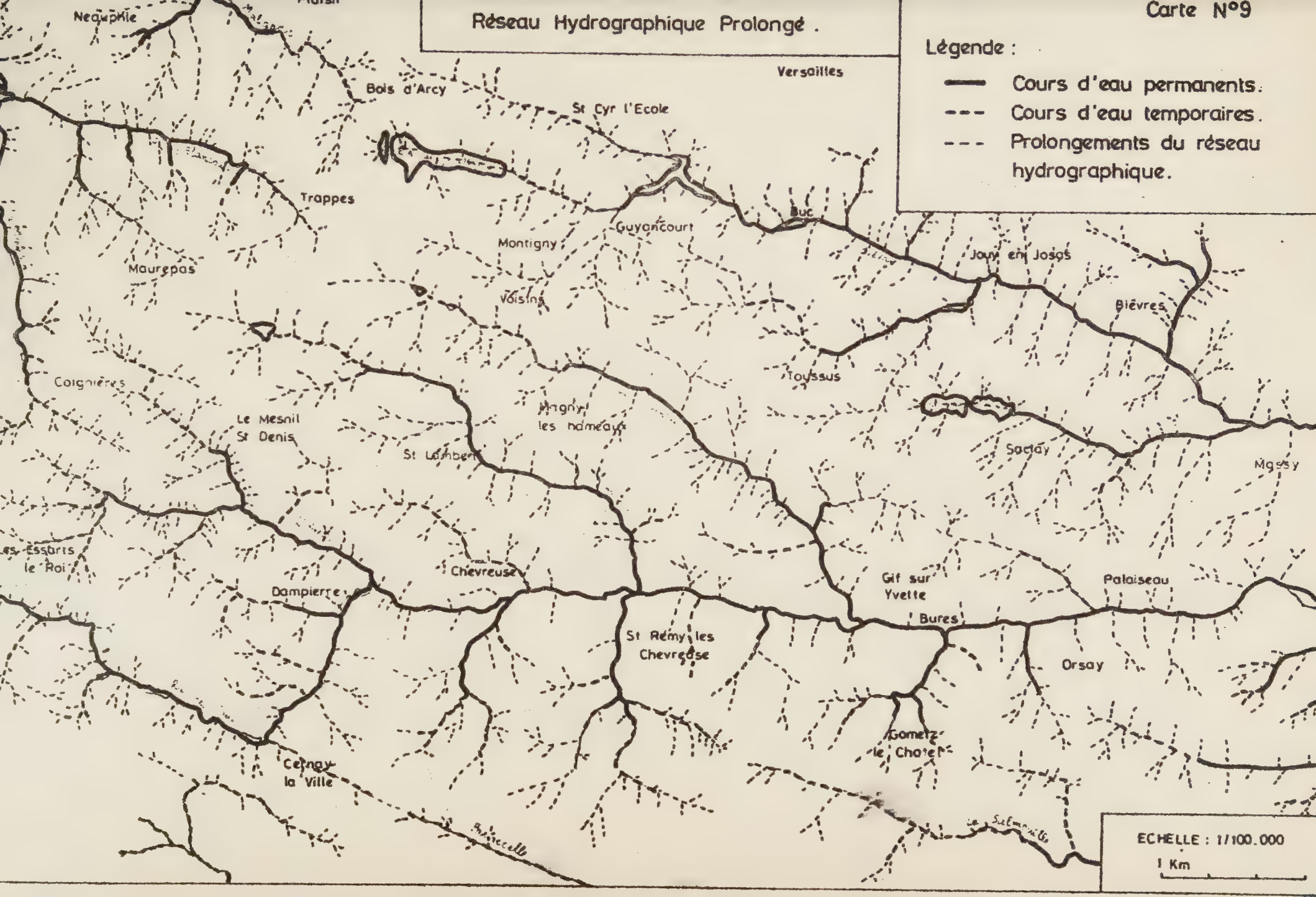
Une Carte des Pentes et des Bassins Versants a été réalisée au 1/25.000 (hors texte) afin de mettre en évidence les traits morphologiques précédemment cités. Cette carte a été obtenue à partir de la carte topographique IGN au 1/25.000. Partant des courbes de niveau, j'ai délimité

les zones de pentes égales (pentes de 0 à 1 %, de 1 à 2 %, de 2 à 5 %, de 5 à 10 %, et supérieures à 10 %). Des flèches indiquent certaines directions préférentielles de ruissellement, et donc le sens des pentes. J'ai aussi délimité par des lignes de "crête" les bassins versants principaux de la Hauldre, la Bièvre, l'Yvette, la Mérantaise, le Rhodon et les bassins versants secondaires. Le terme de crête peut paraître exagéré. Cependant ces lignes correspondent à une réalité plus facilement visible en général sur une carte topographique que sur le terrain.

Cette carte offre divers intérêts du point de vue de l'urbaniste et de l'ingénieur de génie civil et constitue l'un des éléments de base du zonage proposé en conclusion de cette étude. Mais c'est surtout un document de travail à partir duquel j'ai pu développer l'analyse géomorphologique qui suit.

II-14. Définition du réseau hydrographique prolongé (Carte n° 9)

Le réseau hydrographique considéré est formé d'une part de l'ensemble des cours d'eau permanents ou temporaires figurés sur la carte topographique au 1/25 000 et d'autre part de l'ensemble des entailles de versants, des vallées sèches et des prolongements des têtes de vallons sur les plateaux (Carte n° 9). Le tracé de ces prolongements se déduit du tracé des courbes de niveau en tenant compte principalement des concavités de celles-ci qui sont le signe d'une direction d'érosion. Ceci peut se faire avec quelque précision puisque l'on dispose de courbes de niveau tous les 2,50 m dès que la pente du terrain est inférieure à 2 % et parfois tous les 1,25 m. Ces prolon-


Réseau Hydrographique Prolongé .
Carte N°9
Légende :
Cours d'eau permanents.
Cours d'eau temporaires.
Prolongements du réseau hydrographique.
Neauphle
Versailles
Bois d'Arcy
St Cyr l'Ecole
Trappes
Buc
Guyancourt
Montigny
Jouy en Josas
Maurepas
Voisins
Bièvres
Coignières
Toussus
Le Mesnil St Denis
Magny les hameaux
St Lambert
Saclay
Orsay
Les Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
Gif sur Yvette
Palaiseau
Bures
St Rémy les Chevreuse
Gometz le Chatel
Cernay la Ville
ECHELLE : 1/100.000
1 Km

gements se répartissent en 3 types principaux. Le premier est constitué de simples ravineaux entaillant les versants, le plus souvent perpendiculairement au cours d'eau et se ramifiant rarement. Le deuxième est constitué de ravineaux entaillant également un versant puis se prolongeant sur le plateau souvent obliquement par rapport à cette première direction d'entaille. Le troisième est constitué des prolongements des cours d'eau sur les plateaux vers l'amont, dans la même direction que ces cours d'eau ou obliquement, avec ou sans ramification.

Partant de ce tracé, je l'ai hiérarchisé suivant une méthode simple proposée par STRAHLER (1952) et qui est représenté dans le quart SE de la Carte n° 10.

On attribue aux parties de cours d'eau le plus en amont, l'ordre 0. Deux cours d'eau d'ordre 0 se rejoignant donnent un cours d'eau d'ordre 1. Un cours d'eau d'ordre 0 rejoignant un cours d'eau d'ordre 1 donne un cours d'eau d'ordre 1. Deux cours d'eau d'ordre 1 se rejoignant donnent un cours d'eau d'ordre 2, etc... On définit ainsi une suite ordonnée de valeurs partant de la source ou du prolongement le plus éloigné et le plus haut. Les prolongements d'ordre 0 sont exclus de l'analyse. Nous avons alors une image simplifiée du réseau hydrographique.

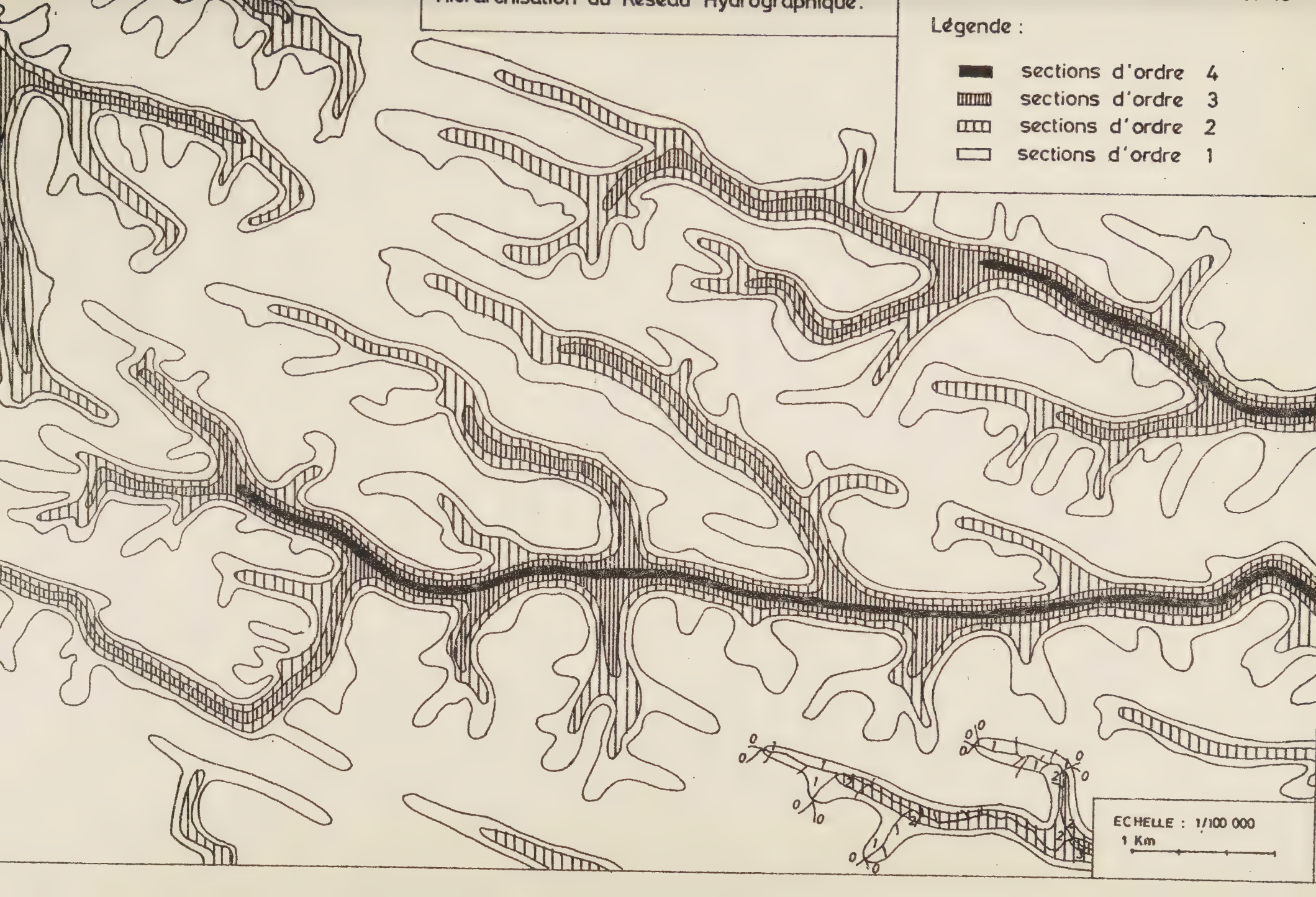
Les cartes n° 9 et 10 permettent de faire les commentaires suivants :

- La Bièvre dans son cours moyen et inférieur et l'Yvette dans la totalité de son cours sont les seuls cours d'eau à présenter une section d'ordre 4. On peut

Hiérarchisation du Réseau Hydrographique.

Légende :

- sections d'ordre 4
- sections d'ordre 3
- sections d'ordre 2
- sections d'ordre 1



se demander si une structure géologique n'est pas à l'origine de ces deux portions de tracé. Il s'agirait alors de 2 directions privilégiées auxquelles la Bièvre et l'Yvette se seraient adaptées et à partir desquelles se serait développé un système d'affluents. Une partie de la réponse semble se trouver dans la Carte n° 5(toit des Argiles Vertes de Romainville) où l'on observe en effet que les cours inférieurs de la Bièvre et de l'Yvette se trouvent au droit de 2 gouttières synclinales du toit des Argiles Vertes de Romainville, avec cependant un léger décalage. On peut penser que ces 2 portions de tracé ont été induites par l'écoulement de la nappe baignant la formation des Sables de Fontainebleau, écoulement dont le gradient est fortement contrôlé par la structure du toit des Argiles Vertes imperméables. Cependant il faut expliquer pourquoi, avant que ces cours d'eau n'aient entaillé les Sables de Fontainebleau, ils se sont établis au droit de ces 2 gouttières, synclinales, bien que s'amorçant sur la surface oligo-miocène argileuse et imperméable. On conçoit qu'une analyse plus précise de la morphologie est nécessaire. Nous y reviendrons.

- D'autre part, une direction voisine de l'W.N.W. apparaît privilégiée dans le tracé obtenu. Cette direction est très nette dans le cours moyen de la Mérantaise par exemple alors que les Sables de Fontainebleau sont largement entaillés. Mais il faut remarquer aussi que les prolongements définis ci-dessus et qui n'entaillent que rarement les Sables de Fontainebleau sont responsables en partie de cette direction privilégiée.

On peut déjà penser que les ondulations du toit des Sables de Fontainebleau (on se propose de montrer

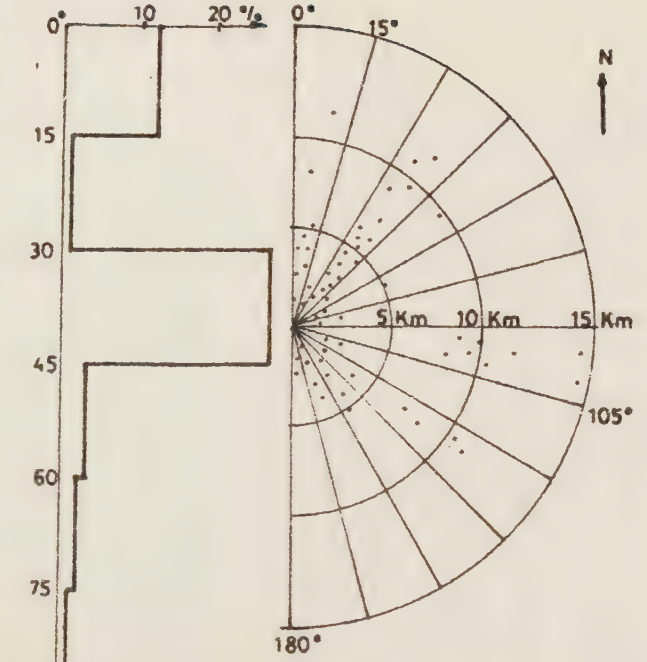
qu'elles existent sous l'aspect d'une "tôle ondulée" avec une direction W.N.W.-E.S.E dans une grande partie de la zone étudiée) sont en partie responsables de cette dernière remarque, bien que le toit de cette formation soit en moyenne à 12 m de profondeur sous la surface des plateaux.

Ces observations qualitatives sont précisées dans l'analyse quantitative qui suit.

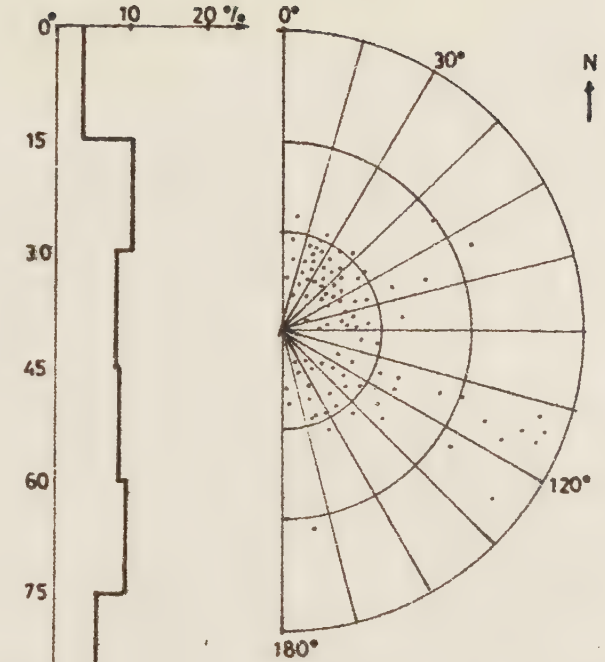
II.15 - Analyse du tracé du réseau hydrographique

Les données quantitatives de ce paragraphe sont extraites de la Carte des Pentes et Bassins Versants et de la carte topographique. Je me suis proposé d'étudier les relations entre la longueur des cours d'eau, leur orientation et leur encaissement. Pour ce faire, l'ensemble du réseau hydrographique prolongé a été découpé en sections d'orientation moyenne constante par rapport au Nord géographique. La précision d'évaluation et de mesure peut être estimée à 5°. Trois types d'encaissement ont été définis : supérieur à 80 m, compris entre 30 et 80 m, inférieur à 30 m. Ces encaissements sont déterminés par la différence de cote entre les lignes de crête adjacentes au cours d'eau et le lit de celui-ci. Pour chaque type d'encaissement, j'ai alors donné, en fonction de l'orientation, les longueurs des cours d'eau (mesurées au curvimètre et calculées en pourcentage de la longueur totale correspondant au type d'encaissement considéré) (Fig. 9). Le sens d'écoulement des cours d'eau n'intervient pas dans ces mesures.

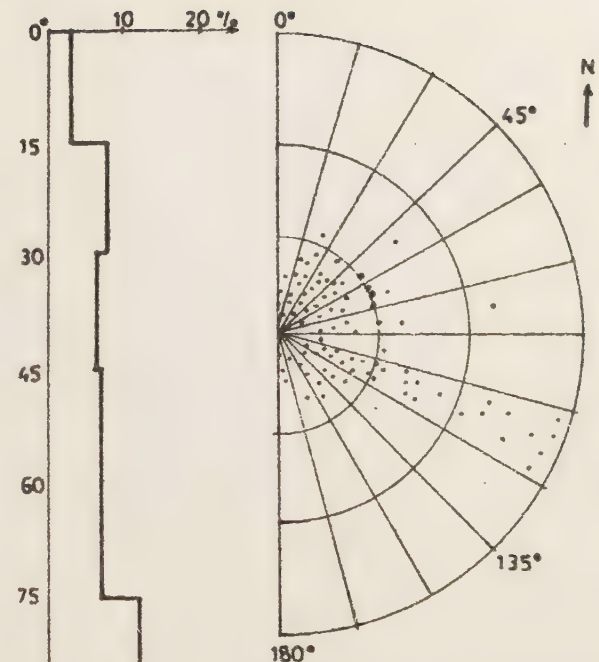
A partir des résultats obtenus on peut tirer les



Encaissement supérieur à 80 m.



Encaissement compris entre 30 et 80 m.



Encaissement inférieur à 30 m.

Fig. N°9 RELATIONS ENTRE LONGUEUR, ORIENTATION ET ENCAISSEMENT DES COURS D'EAU.

conclusions suivantes :

- Quand l'encaissement est supérieur à 80 m (27 % du réseau hydrographique total), 4 secteurs privilégiés apparaissent. Le secteur N 90-105 correspond en grande partie au cours moyen et inférieur de l'Yvette, à partir duquel se développent perpendiculairement, car l'érosion régressive est alors maximum, un certain nombre d'affluents, d'où le secteur N 0 - 15. Le secteur N 120-135 correspond en grande partie au cours moyen et inférieur de la Bièvre avec de même un secteur orthogonal à N 30-45.

- Quand l'encaissement est compris entre 30 et 80 m (36 % du réseau hydrographique total) un seul secteur privilégié apparaît : N 105-120. Dans le secteur orthogonal à N 15-30 aucun maximum bien marqué n'apparaît : en effet les cours d'eau qui appartiennent au secteur N 105-120, vu leur encaissement, sont assez peu importants. Il leur correspond des bassins versants assez peu étendus et insuffisants pour que se développe nettement un système d'affluents perpendiculaires.

- Enfin, lorsque l'encaissement est inférieur à 30 m (37 % du réseau hydrographique total), le secteur N 105-120 se trouve très privilégié, puisqu'à lui seul il contient 41 % de la longueur totale des cours d'eau ayant ce type d'encaissement. Ces derniers sont en grande partie constitués par les prolongements qui ont été définis précédemment.

L'observation de la Carte des Pentes et Bassins Versants nous montre par ailleurs que ces prolongements d'orientation N 105-120, (vallées sèches ou leurs prolongements sur les plateaux), sont limités par des lignes de

crête très régulières et présentant cette même orientation. Il est donc apparu intéressant d'étudier l'ensemble des lignes de crête des plateaux.

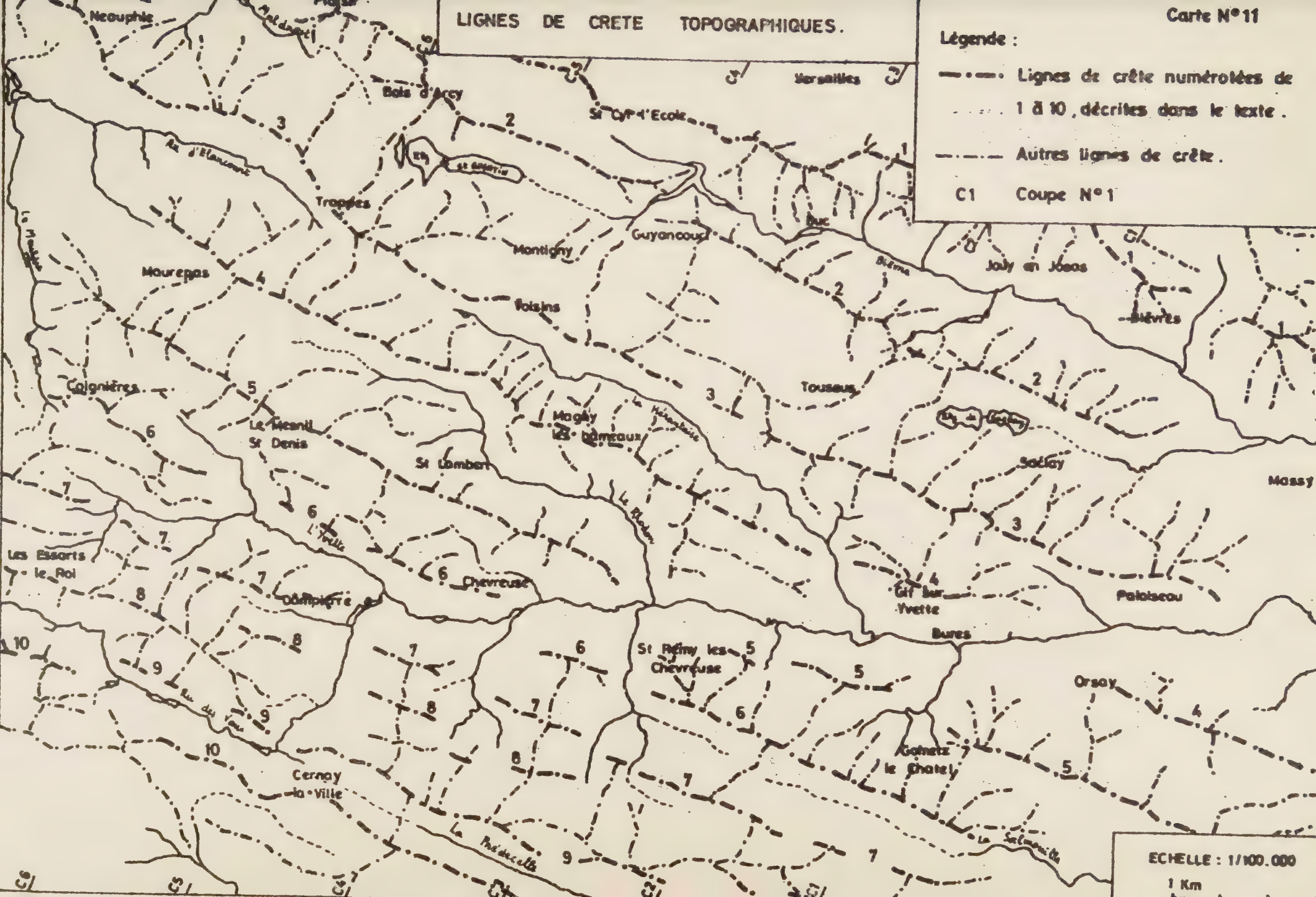
II-16. Analyse des lignes de crêtes des plateaux (Carte n° 11)

Les lignes de crête ont été tracées sur la carte des Pentes et Bassins Versants, d'après la Carte topographique, en joignant les points maxima entre eux et en s'aidant de l'orientation des convexités des courbes de niveau. Ce sont des lignes de partage des eaux de ruissellement. Elles délimitent des bassins versants partiels (Carte n° 11 et Carte des Pentes et Bassins Versants).

De cet ensemble de lignes de crête j'ai extrait une famille particulière constituée de lignes de crête d'orientation assez constante, environ W.N.W-E.S.E. (située dans le secteur N 105-120). Chacune de ces lignes de crête est scindée en plusieurs parties qui se relaient d'un plateau à l'autre par delà les vallées ou les échancrures des plateaux. J'ai dénombré 10 lignes de crête de ce type (carte n° 11).

II-161. Mise en évidence d'une déformation de la surface oligo-miocène

(Certaines des conclusions de ce paragraphe sont déjà connues et ont été en particulier exposées par A. CHOLLEY (1943 - Annales de Géographie n° 290, T LII, pp. 88 et 59). Nous y aboutissons par une méthode sensiblement différente de celle qu'il a utilisée).


LIGNES DE CRETE TOPOGRAPHIQUES.
Carte N°11
Légende :
Lignes de crête numérotées de 1 à 10, décrites dans le texte.
Autres lignes de crête.
C1 Coupe N°1
ECHELLE : 1/100.000
1 Km
Neauphle
Bois d'Arcy
Versailles
St Cyr l'Ecole
Trappes
Montigny
Guyancourt
Buc
Jouy en Josas
Bièvres
Maurepas
Coignières
Le Mesnil St Denis
St Lambert
Magny les Hameaux
Toussus
Saclay
Massy
Les Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
Gif sur Yvette
Palaiseau
Bures
St Rémy les Chevreuse
Orsay
Gometz le Chatel
Cernay la Ville

Il faut remarquer que les lignes définies ci-dessus, du fait de leur régularité, sont les témoins précieux d'une ancienne surface : en effet, si l'érosion Plio-Quaternaire a disséqué la région étudiée, elle ne s'est pas exercée avec une intensité suffisante pour faire disparaître totalement la surface oligo-miocène initiale.

Plus précisément, ce sont les points maxima de ces lignes de crête qui ont le plus de valeur, et d'autant plus qu'ils appartiennent à une ligne de crête d'un large interfluve. Lorsque l'interfluve est particulièrement étroit, l'érosion régressive, qui s'exerce à partir des versants qui le limitent, contribue en effet à surbaisser la ligne de crête par rapport aux lignes voisines. Ce phénomène apparaît bien sur les profils en long établis pour les 10 lignes de crêtes particulières, par exemple sur les lignes 1, 5, 7 (Fig. N° 10).

Sur ces profils en long le rapport des échelles verticales et horizontales est égal à 100. Les interruptions de tracé correspondent aux échancrures des vallées.

Partant des considérations précédentes, j'ai remplacé chaque ligne de crête par une ligne enveloppe plus représentative de l'ancienne surface oligo-miocène (lignes en pointillé sur la Fig. n° 10). On observe alors que la ligne n° 1 est très régulière, son altitude moyenne se situant à la cote 175. La ligne 2 présente une inclinaison bien marquée vers le E.S.E avec une pente moyenne de 0,13 %. La ligne 3 présente une inclinaison moins forte. Celle-ci s'atténue peu à peu dans les lignes suivantes jusqu'à n'être plus sensible pour les lignes 8, 9, 10 dont l'altitude moyenne se situe à la cote 175. A partir de ces mesures on peut donc conclure à une déformation de la

Fig.N°10 PROFILS EN LONG DES 10 LIGNES DE CRETE.

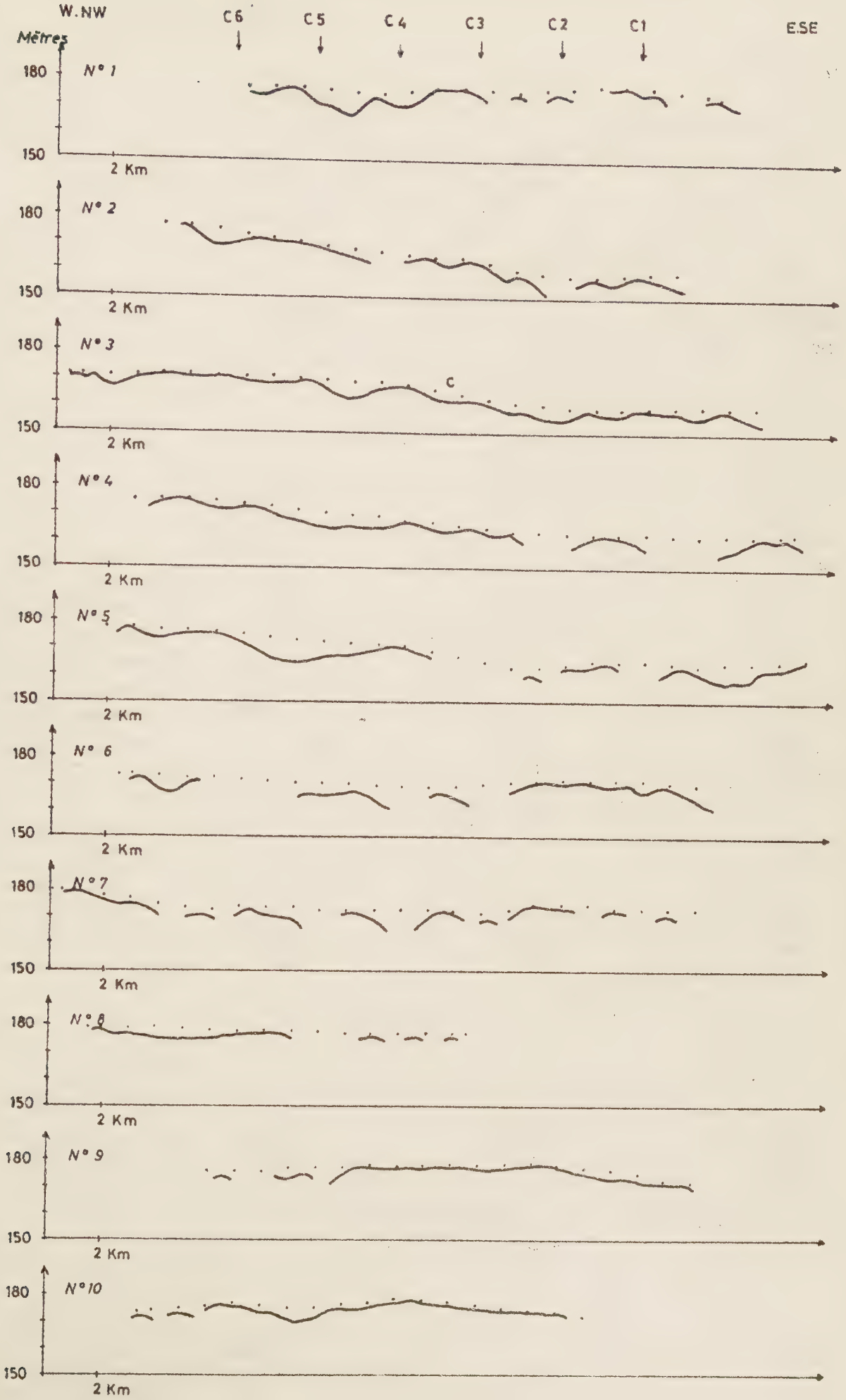
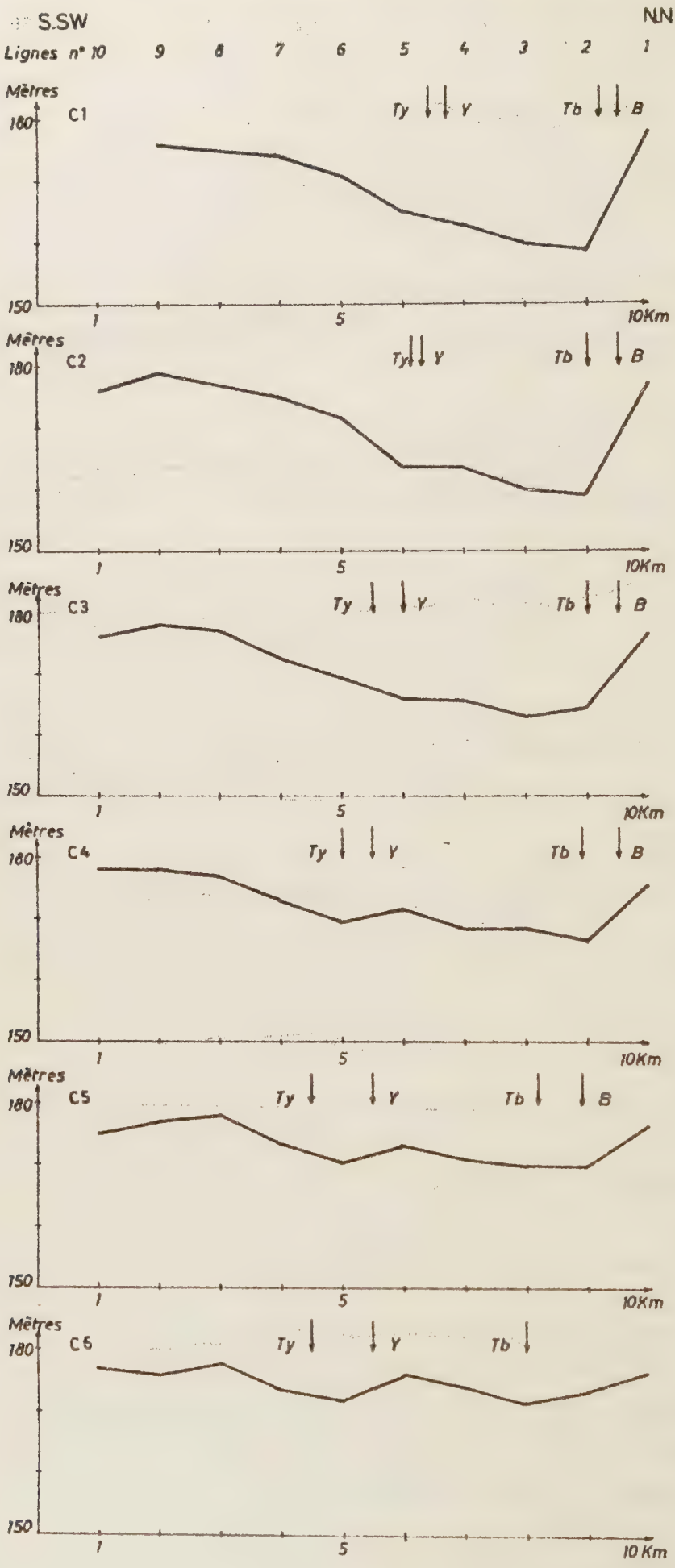


Fig. N°11 COUPES PERPENDICULAIRES AUX LIGNES DE CRETE.



surface oligomiocène. Cette déformation est précisée à l'aide des 6 coupes C1 à C6, orthogonales aux lignes de crêtes (Fig; n° 11). Sur chacune de ces coupes, j'ai indiqué la position de la Bièvre et de l'Yvette, ainsi que la position des axes des gouttières synclinales de la Bièvre (TB) et de l'Yvette (TY) au niveau du toit des Argiles vertes de Romainville. On remarque que les profils de ces coupes sont dissymétriques. Un minimum très net existe sensiblement au droit de TB, minimum qui s'atténue de la Coupe 1 à la Coupe 6. On observe également une rupture de pente ou un minimum (moins bien marqué) au droit de TY. L'interprétation la plus vraisemblable nous semble être un rejeu du synclinal de l'Eure, rejeu moins important au droit de la gouttière synclinale de l'Yvette qu'au droit de la gouttière synclinale de la Bièvre, et ayant fonctionné à la manière d'une flexure au droit de celle-ci. Ce rejeu s'atténue vers l'W.N.W et s'accentue dans la direction de la fosse de Longjumeau.

Cette déformation tectonique se serait produite après l'étalement des Sables de Lozère. Elle aurait eu pour conséquence la mise en place de la Bièvre et de l'Yvette. On pourrait donc la dater de la fin du Miocène ou du début du Pliocène sans cependant exclure le fait qu'elle ait pu se poursuivre durant le Pliocène et peut-être le Quaternaire.

En conséquence de la déformation de cette surface oligo-miocène on peut aussi conclure à une déformation semblable du toit des Sables de Fontainebleau, tout au moins de la surface moyenne de ce toit (Les sondages dont nous disposons sont en accord avec cette conclusion. cf. Carte du toit des Sables de Fontainebleau - Hors Texte).

II-162. Relations entre les lignes de crête (N° 1 à 10) et les alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau.

La structure particulière du toit de cette formation est assez bien connue, et l'on sait que des différences lithologiques importantes existent suivant que l'on se trouve au droit d'un alignement de points hauts ou au contraire d'un chenal séparant 2 de ces alignements (Chap.I-Fig. n° 6) : calcaire crayeux, parfois induré, au droit des chenaux à la base de la formation de Beauce ; grès, souvent quartzite en bancs plus ou moins continus au droit d'un grand nombre d'alignements de points hauts, au sommet de la formation des Sables de Fontainebleau, ces dispositions étant propres à la zone étudiée, tout au moins dans sa plus grande partie (d'après observations de terrain, données de sondage et bibliographie). Partant de ces observations, il est logique de penser que ces différences dans la lithologie apparaissent dans les formations de versant lorsque les cours d'eau entaillent les plateaux . J'ai donc entrepris une cartographie systématique des éléments cités (calcaire, grès), sur l'ensemble de la zone étudiée.

Je n'ai pas pris en compte certains grès friables parfois ferrugineux qui peuvent exister à des niveaux variés dans la formation des Sables de Fontainebleau ou qui sont très récents dans certaines formations de pente. Le résultat de cette cartographie se trouve dans la Carte des Grès (1/50.000 Hors texte).

Une conclusion apparaît : les lignes de crête considérées, pour la plupart et à quelques détails près, révèlent en profondeur des alignements de points hauts du toit

des Sables de Fontainebleau.Ceci apparaît de 2 façons différentes sur les formations de versant.

- Lorsque l'entaille du cours d'eau a une direction oblique par rapport à la direction W.N.W., on observe des grès aux points de passage des lignes de crête W.N.W sur les 2 versants de la vallée (exemple : "Carrière des Grais" et lieu-dit "Les Roches" à l'intersection de la ligne de crête n° 4 et du cours inférieur de la Mérantaise. Carrières de Saint-Paul et du Parc Berrier à l'intersection de la ligne de crête n° 6 et du Ru de Saint-Paul (au sud de Saint-Rémy-les-Chevreuse).

- Lorsque l'entaille du cours d'eau a une direction W.N.W. on observe des grès sur le seul versant exposé au S.S.W ; une ligne de crête parcourt alors le plateau le long de ce seul versant (exemple : cours supérieur de l'Yvette entre Girouard et Dampierre et ligne de crête n° 6 ; Cours supérieur du Rhodon et ligne de crête n° 4).

Cependant à ces 2 types d'observation, il est nécessaire d'apporter les précisions suivantes :

1) La relation que l'on a mise ainsi en évidence entre la morphologie et le toit des Sables de Fontainebleau (en fait par le relais de la topographie de la surface oligo-miocène imperméable qui reproduit assez fidèlement la structure du toit des Sables de Fontainebleau) est caractéristique d'une certaine échelle (par exemple, l'espacement des lignes de crête considérées est de 1500 m à 3000 m environ).

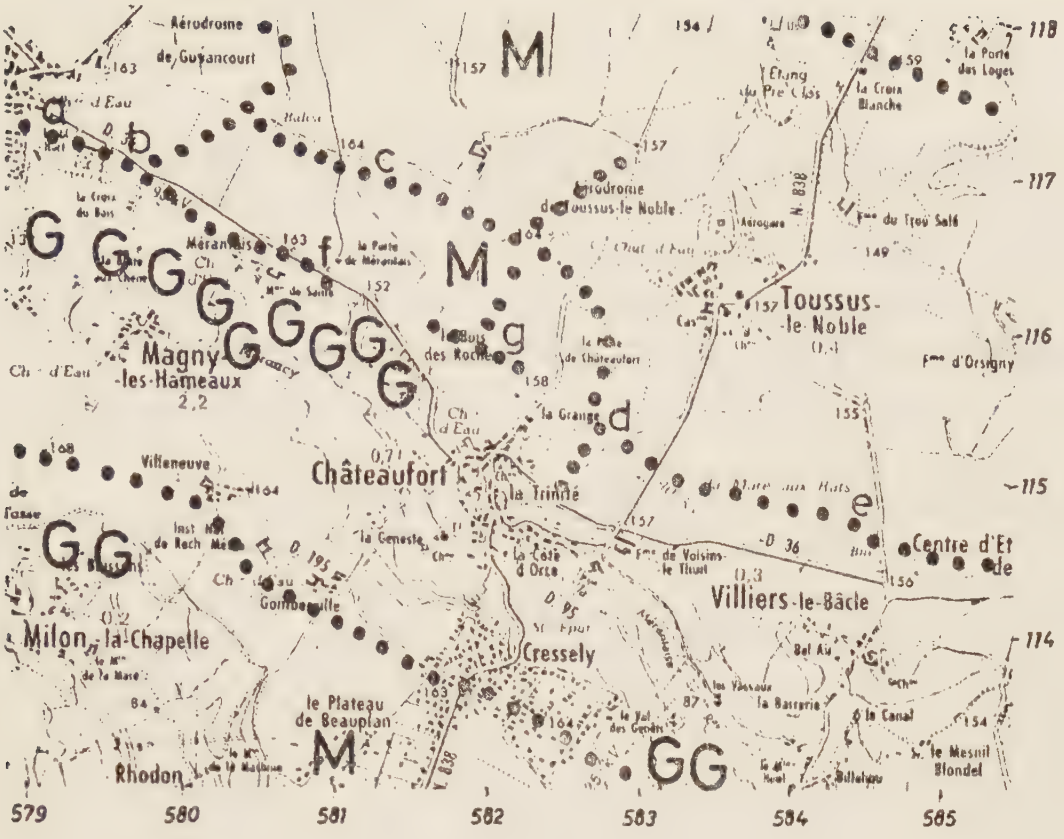
Il semble qu'en présence de structures d'échelle plus grande (par exemple l'espacement des gouttières

synclinales de la Bièvre et de l'Yvette sur le toit des Argiles Vertes de Romainville est en moyenne de 8 km) celles-ci guident préférentiellement l'érosion. L'influence des structures d'échelle inférieure est alors effacée. Ceci correspond aux tracés du cours inférieur de la Bièvre et du cours de l'Yvette pour lesquels la structure qui a prévalu a été celle de la surface oligo-miocène déformée, reproduisant la structure du toit des Argiles Vertes, d'échelle plus grande que celle des ondulations du toit des Sables de Fontainebleau qui sont ainsi tronquées par l'Yvette en particulier. Ceci correspond aussi à l'influence du dôme anticlinal de Beynes Meudon à la limite Nord de la zone étudiée : le versant que longe la ligne de crête n° 1 n'est autre qu'un front de cuesta et la moitié Ouest de cette ligne de crête, d'ailleurs légèrement oblique par rapport aux autres, ne révèle pas la présence d'un alignement de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau. Sur ce versant je n'ai ainsi observé aucun grès simplement des meulières compactes fossilifères). Ce versant "parcourt" obliquement le chenal qui longe au N.E. la ligne de crête n° 2.

2) Par ailleurs, la relation mise en évidence s'observe au mieux pour un degré d'érosion optimal qui se trouve à peu près réalisé pour la région étudiée.

Mais que localement, l'érosion se manifeste avec plus de vigueur, la relation se trouve perturbée. Dans la figure n° 12 la ligne de crête n° 3 passe par le trajet abcde. Or on observe des grès sur le versant à l'endroit où la ravine l'entaille (entre f et g). Il faut donc conclure que l'alignement de points hauts suit le trajet abfgde. La section bcd repoussée vers le NE et surbaissée (comme on peut le voir sur son profil en long au point c

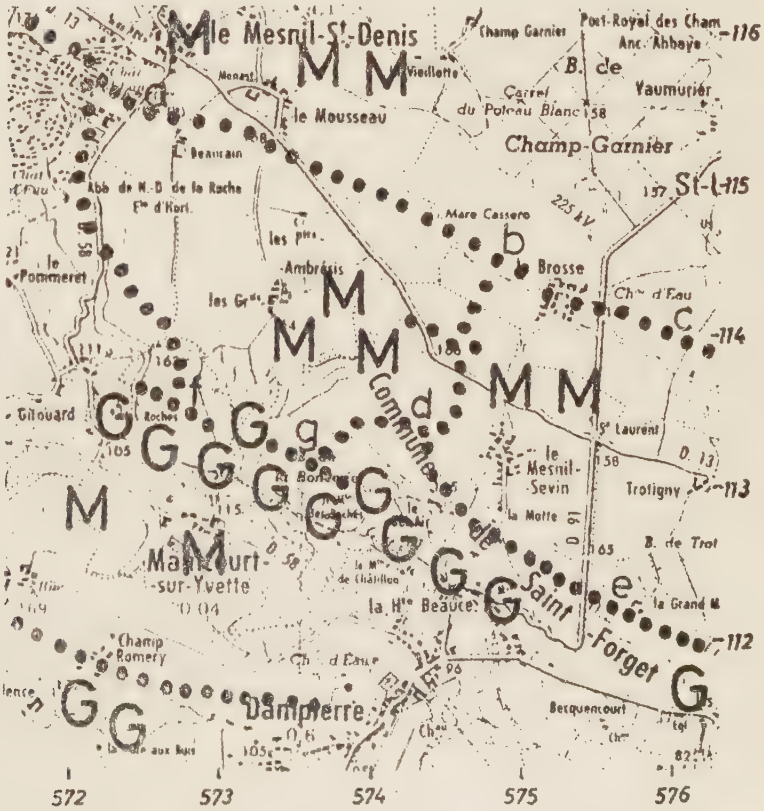
Fig. N°12 La Mérantaise. (1/50 000)



Légende:

- Ligne de crête.
- G Grès en formation de pente.
- M Marnière.

Fig. N°13 L' Yvette (1/50 000)



(Fig. n° 10) persiste en tant que ligne de partage des eaux puisque la topographie s'abaisse encore au-delà du point c. Un exemple analogue s'observe dans la Fig. n° 13. La ligne de crête n° 6 a été tronquée en f g et l'érosion régressive s'est poursuivie jusqu'à la ligne de crête suivante abc qui révèle un autre alignement de points hauts.

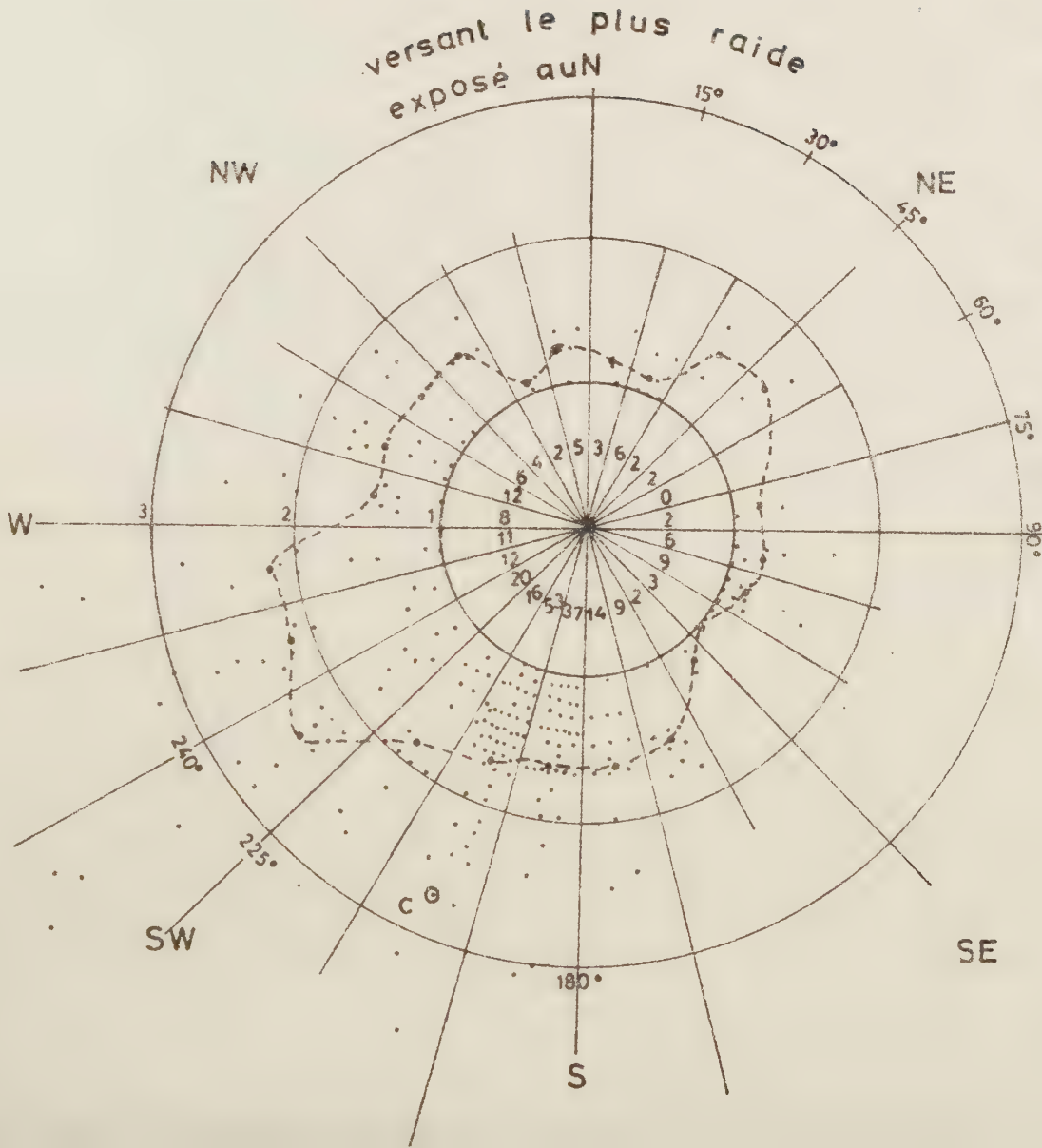
3) Enfin, en certains endroits la relation entre lignes de crête et grès est peu nette ou inexistante. C'est le cas du Ru des Vaux de Cernay entre Cernay et Dampierre et du cours supérieur de la Mauldre. Cependant lorsque l'on dispose de sondages il apparaît que les lignes de crête topographiques correspondent bien à des alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau. C'est ainsi qu'aux intersections de la ligne de crête n° 2 avec les vallées je n'ai pas observé de grès (sinon sur les versants du Ru de Maldroit). Cependant les sondages mettent en évidence un alignement de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau au droit de cette ligne de crête (voir la Carte du toit des Sables de Fontainebleau Hors texte).

Nous sommes donc en mesure, à partir de ces lignes de crête de tracer, certes approximativement, les alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau. Il nous faudrait préciser maintenant la position des axes des chenaux intermédiaires (alignements de points bas). Sont-ils à mi-distance entre les alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau les encadrant ou décalés comme le sont les cours d'eau qui "collent" au versant exposé au S.S.W, et comme le sont aussi les vallées sèches des plateaux qui collent elles aussi à la ligne de crête regardant le S.S.W. Nous proposerons une explication à partir de l'étude des dissymétries de versant qui suit.

II.17 - Analyse des dissymétries des versants

Cette analyse a également été réalisée à partir de la Carte des Pentes et Bassins versants et de la Carte topographique, en découpant le réseau hydrographique prolongé suivant une maille régulière de 500 m. Sur chaque tronçon, j'ai effectué la mesure de 1 ou 2 indices d'asymétrie, car 2 types d' asymétrie ont été mis en évidence.

II-171. Premier indice d' asymétrie : Il concerne les cours d'eau dont l'encaissement est supérieur à 15 m : il est égal au rapport AB/BC (voir figure N° 14), très proche du rapport de la pente moyenne du versant le plus raide sur la pente moyenne du versant le plus doux et plus facilement mesurable. C'est pour l'encaissement de 15 m considéré qu'apparaissent des pentes supérieures à 5 % sur les 2 versants, limite qui a été considérée comme marquant la rupture de pente entre plateau et vallée (points A et C). L'étude entreprise (Fig. n° 14) nous montre un large secteur où l' asymétrie est très forte : il s'agit des portions de vallée dont le versant raide est exposé à l'W.S.W, au S.W., au S.S.W et au Sud. L'indice moyen dans le secteur N 225 - 240 est égal à 2,45 pour 20 points de mesure. On y trouve une asymétrie maximum de 4,55. Dans le secteur opposé correspondant à une même orientation de vallée, mais où l' asymétrie est inverse, (versant raide exposé au N.E.) nous n'avons que 2 points de mesure. Dans l'ensemble du quadrant W.S. nous avons 151 points de mesure et dans le quadrant opposé E.N. 15 points seulement. Par contre, dans l'ensemble du quadrant W.N. nous avons 37 points de mesure et dans le quadrant opposé 43 points. Le phénomène est donc clair et son explication semble être celle proposée par les géomorphologues et les quaternaristes dans des cas analogues.



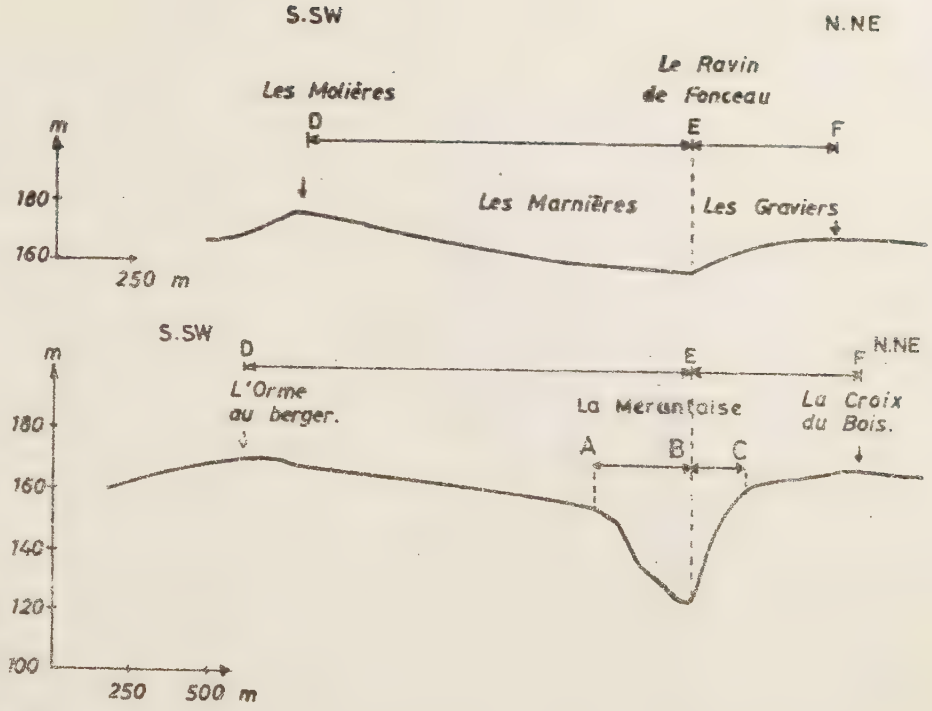


Fig. N°14

DISSYMETRIE DES VERSANTS.

(Premier Indice : AB/BC .)

Exemple : point c. AB/BC = 2,7

et versant le plus raide

exposé au S.SW

(GLORIOD A. et TRICART J.: 1952, Etude statistique des vallées asymétriques. Rev. de Géom. Dyn. n° 2, pp. 88-98. GRIMBERIEUX J. 1955 : Origine et asymétrie des vallées sèches de la Hesbaye. Ann. Soc. Géol. de Belgique. t. LXXVIII. TRICART J. et CAILLEUX A. 1967 : Le modelé des régions périglaciaires pp. 345 à 361.)

Selon ceux-ci, une telle dissymétrie, mise en évidence dans plusieurs régions d'Europe occidentale, dans des conditions géologiques et morphologiques semblables, se serait réalisée pour l'essentiel sous un climat périglaciaire. D'une façon simplifiée, le mécanisme principal d'évolution des versants à pente douce aurait été la solifluxion, celui des versants à pente raide : le ruissellement. Ces mécanismes s'expliquent par plusieurs causes qui ont pu s'additionner. L'ensoleillement et le régime thermique du sol ont déterminé la formation d'un pergélisol de profondeur et d'épaisseur variables en fonction de l'orientation et de la pente des versants, ainsi que des saisons. Des vents dominants, qui auraient soufflé vers le N.E., ont pu alimenter en neige et en limon les versants abrités, bien plus que ceux exposés au vent. Il est admis que ces facteurs n'ont pu que favoriser la solifluxion sur les versants exposés au Nord et à l'Est.

Les versants en pente douce ont donc apporté, par leurs coulées de solifluxion, des matériaux plus abondants et plus difficilement érodables et transportables par les cours d'eau que les matériaux provenant des versants en pente raide soumis à un ruissellement intensif. On a pu en déduire que les cours d'eau étaient ainsi repoussés vers leur versant en pente raide dont ils contribuaient à accentuer la pente en les sapant à leur base.

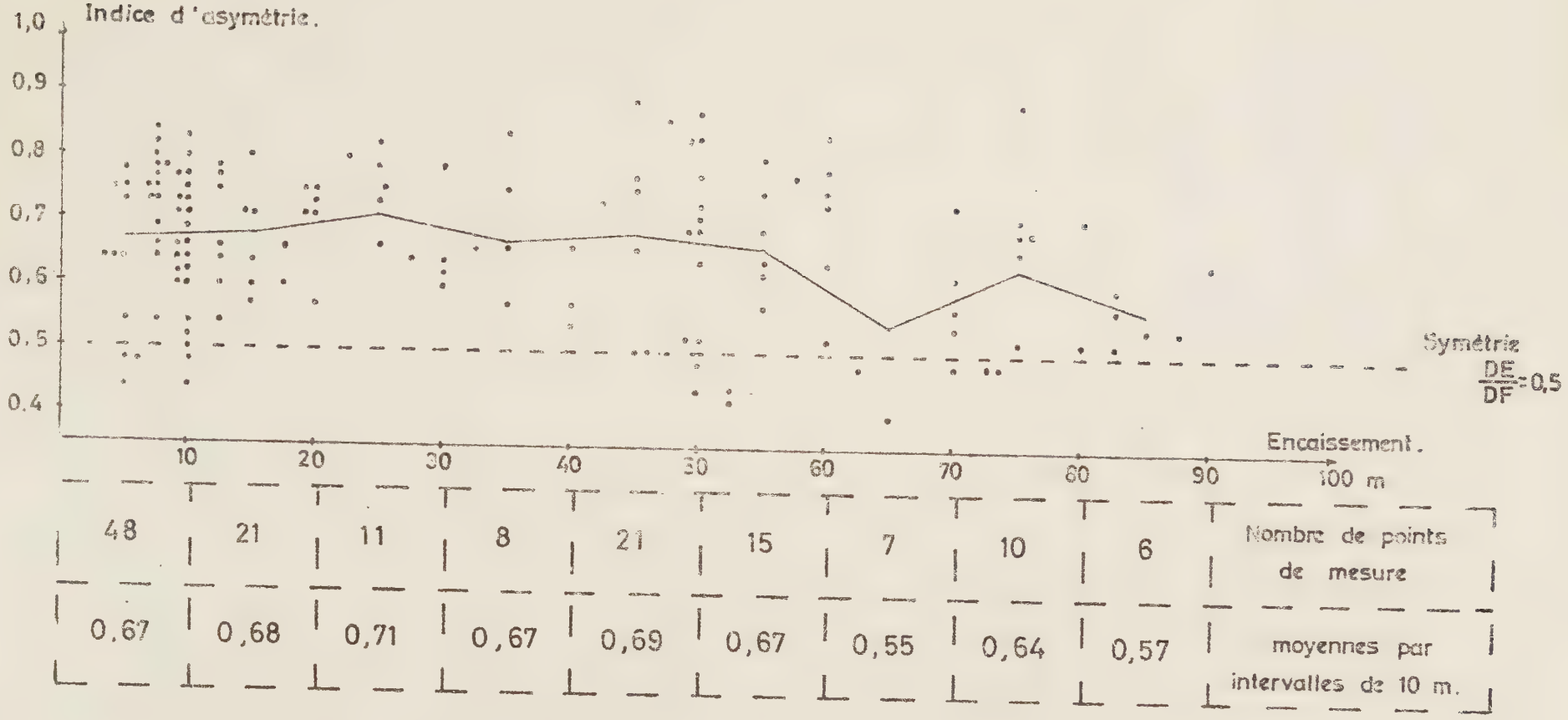
Dans la région étudiée, au sujet des vallées d'orientation W.N.W., on a voulu justifier par ce seul fait l'apparition de grès sur les seuls versants exposés au S.S.W. Il était sous-entendu que les cours d'eau s'installaient à mi-distance de 2 alignements des points hauts consécutifs, du toit des Sables de Fontainebleau. Dans ces conditions il faut aussi en déduire que le thalweg d'un cours d'eau est décalé par rapport aux alignements considérés d'autant plus que l'encaissement est important.

L'étude d'un deuxième indice d' asymétrie montre que cette hypothèse ne suffit pas à expliquer le décalage observé.

II-172. Deuxième indice d'asymétrie : Il concerne les seules vallées, vallées sèches et leurs prolongements sur les plateaux, d'orientation W.N.W. (secteur N 105-120). Cet indice est égal au rapport DE/DF (Fig. n° 14) et rend compte de la position du thalweg par rapport aux 2 lignes de crête adjacentes et parallèles qui peuvent être considérées comme relativement stables puisque représentatives des alignements des points hauts du toit des Sables de Fontainebleau. L'indice d'asymétrie a été porté en fonction de l'encaissement sur la Fig. n° 15.

La conclusion du graphique obtenu est que la dissymétrie n'évolue pas avec l'encaissement. Elle existe pour les plus faibles encaissements (5 m) quand seuls les limons et la partie supérieure des argile à meulière sont entamés et reste égale en moyenne à 0,68 jusqu'à des encaissements de 60 m, c'est à dire alors que les Sables de Fontainebleau sont largement mobilisés. Or, lorsqu'il s'agit de dissymétrie d'origine périglaciaire,

Fig. N°15 Relation entre l'encaissement des cours d'eau et le 2e indice d'asymétrie $\frac{DE}{DF}$.
(cf. Fig. N° 14)



les géomorphologues (TRICART J. et CAILLEUX A. 1967, le modèlé des régions périglaciaires p. 354) ont observé que la dissymétrie n'existe qu'au delà d'un encaissement de 10 m en général, et qu'elle augmente avec l'encaissement et la longueur des cours d'eau.

Par ailleurs, le cas du Ru des Vaux de Cernay et du Rouillon (Fig. n° 16) illustre bien le phénomène devant lequel nous sommes en présence. Ces 2 cours d'eau sont installés au droit d'un même chenal du toit des Sables de Fontainebleau. Le Rouillon a un encaissement très faible dans la majorité de son cours (environ 10 m). Le Ru des Vaux de Cernay, auquel correspond un bassin versant très développé, a un encaissement bien plus fort (environ 50 m) Pour plus de clarté le tracé de la courbe de niveau 170 a été renforcée sur la Fig. n° 16 . On y observe que le Ru des Vaux de Cernay (partie amont) et le Rouillon sont dans l'exact prolongement l'un de l'autre et que lorsque l'encaissement augmente, c'est la rupture de pente (la courbe 170) entre le plateau et le versant exposé au N.N.E. qui recule, alors que le thalveg ne bouge pas.

La conclusion de cette analyse est donc que la dissymétrie (2ème indice) observée dans la morphologie ne peut pas être justifiée entièrement par les phénomènes périglaciaires. Or, la réalisation de coupes dans les zones où les informations par sondages sont importantes, région de Trappes (Fig. n° 6) et de Saclay montre une dissymétrie des ondulations du toit des Sables de Fontainebleau. Il nous semble donc vraisemblable que lorsque cette dissymétrie existe dans la topographie de surface, c'est à dire assez souvent, elle révèle une dissymétrie des ondulations du toit des Sables de Fontainebleau. Cette seule dissymétrie suffit pour expliquer qu'un cours

Fig. N°16 Le Ru des Vaux de Cernay. (1/50 000)

Fig. N°17 Le Ru de Saint-Paul. (1/50 000)

d'eau de direction W.N.W. s'enfonçant dans les couches géologiques au droit d'un chenal intermédiaire, ne dégage les grès (dans l'hypothèse où ils existent) que sur le versant exposé au S.S.E. (Il s'agit là d'une observation générale vérifiée dans un grand nombre de cas, mais qui subit quelques exceptions. Voir Carte des grès hors texte : Ru de Trotigny au N.W. de Chevreuse). Cependant, la coupe réalisée (Fig. n° 6) montre que le thalweg n'est pas implanté rigoureusement au droit du chenal, mais est légèrement décalé vers le N.N.E. (d'environ 200 m.). Nous ne disposons pas de données suffisamment nombreuses et précises pour savoir si ce phénomène est général, mais il est possible que malgré tout les phénomènes périglaciaires aient pu provoquer ce léger décalage supplémentaire. Trop faible, il n'aurait pu être mis en évidence par la méthode des indices d'asymétrie.

II-18 Application des analyses géomorphologiques

II-181 Aspect régional du tracé des cours d'eau

Le tracé du réseau hydrographique peut se décomposer en 2 ensembles principaux.

- Le premier correspondant aux drains principaux (Ru de Gally, Mauldre, Yvette, Bièvre) obéissant à des structures importantes et profondes (axes anticlinaux ou synclinaux) dont les rejeux les plus récents semblent avoir été déterminants (§ II-161).

- Le deuxième correspondant aux cours supérieurs de ces rivières, de leurs affluents et sous-affluents, obéis-

sant à des structures moins profondes (toit des Sables de Fontainebleau).

Pour ce 2ème ensemble, 2 éléments ont été déterminants :

- la dimension et la forme des bassins versants des cours d'eau

- l'orientation des alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau par rapport aux directions d'érosion. La fig. n° 17 (le Ru de Saint-Paul) illustre ce phénomène. On observe une première ligne de crête n° 6 (correspondant à un alignement de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau) qui a été franchie perpendiculairement par érosion régressive du Ru de Saint-Paul. Le bassin versant qui se présentait alors au delà de cette ligne de crête, vers le S.S.W à été capturé. On ne peut dire s'il appartenait à la Salmouille et connaissait un écoulement vers l'ESE ou s'il était fermé et occupé par exemple par des marais. Les 2 cours d'eau a1 et b1 que l'on observe actuellement drainent les eaux de ce bassin versant et s'étirent entre la ligne de crête précédente (N° 6) et la ligne de crête N° 7 parallèle et correspondant à un autre alignement de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau. L'étendue des bassins versants respectifs de a1 et b1 limite leur développement.

Au-delà vers l'amont, le même processus se répète. La ligne de crête n° 7 est à son tour franchie perpendiculairement par érosion régressive par les cours d'eau c1 et c2. Un nouveau bassin versant est capturé. L'observation de la topographie actuelle semble montrer qu'avant la capture, ce bassin était fermé et donc probablement à fond marécageux. Les cours d'eau a2 et b2, de la même

façon que a1 et b1 occupent le nouveau chenal qui se présente. C'est ainsi que sur cette figure n° 17 on voit la courbe de niveau 170 répéter le dessin de la courbe 160.

II-182. Le problème du ru des Vaux de Cernay

On considère le ru des Vaux de Cernay comme un exemple de capture. Les arguments avancés pour justifier cette capture, au nombre de 3, sont les suivants :

- l'alignement du ru des Vaux de Cernay (cours supérieur) du Rouillon et de la Prédecelle (Fig. n° 16).

- la présence d'un coude bien marqué, à 90°, sur le ru des Vaux de Cernay.

- la présence d'une rupture de pente au droit de ce coude (en fait légèrement en aval).

Ces 3 arguments sont de nature à faire soupçonner une capture sans pour autant la prouver.

Remarquons que, connaissant l'encaissement actuel très faible (environ 10 m), des cours supérieurs du Rouillon et de la Prédecelle, on se trouve dans l'obligation de situer cette capture à une époque où les vallées étaient à peine marquées dans la topographie (vallées de l'actuel cours supérieur W.N.W.-E.S.E du ru des Vaux de Cernay, du Rouillon et de la Prédecelle). Ces vallées ne pouvaient pas connaître un véritable écoulement fluvial, mais seulement un écoulement de ruissellement ou hypodermique, sinon l'encaissement des cours supérieurs du Rouillon et de la Prédecelle aurait été beaucoup plus important que ce que l'on observe actuellement.

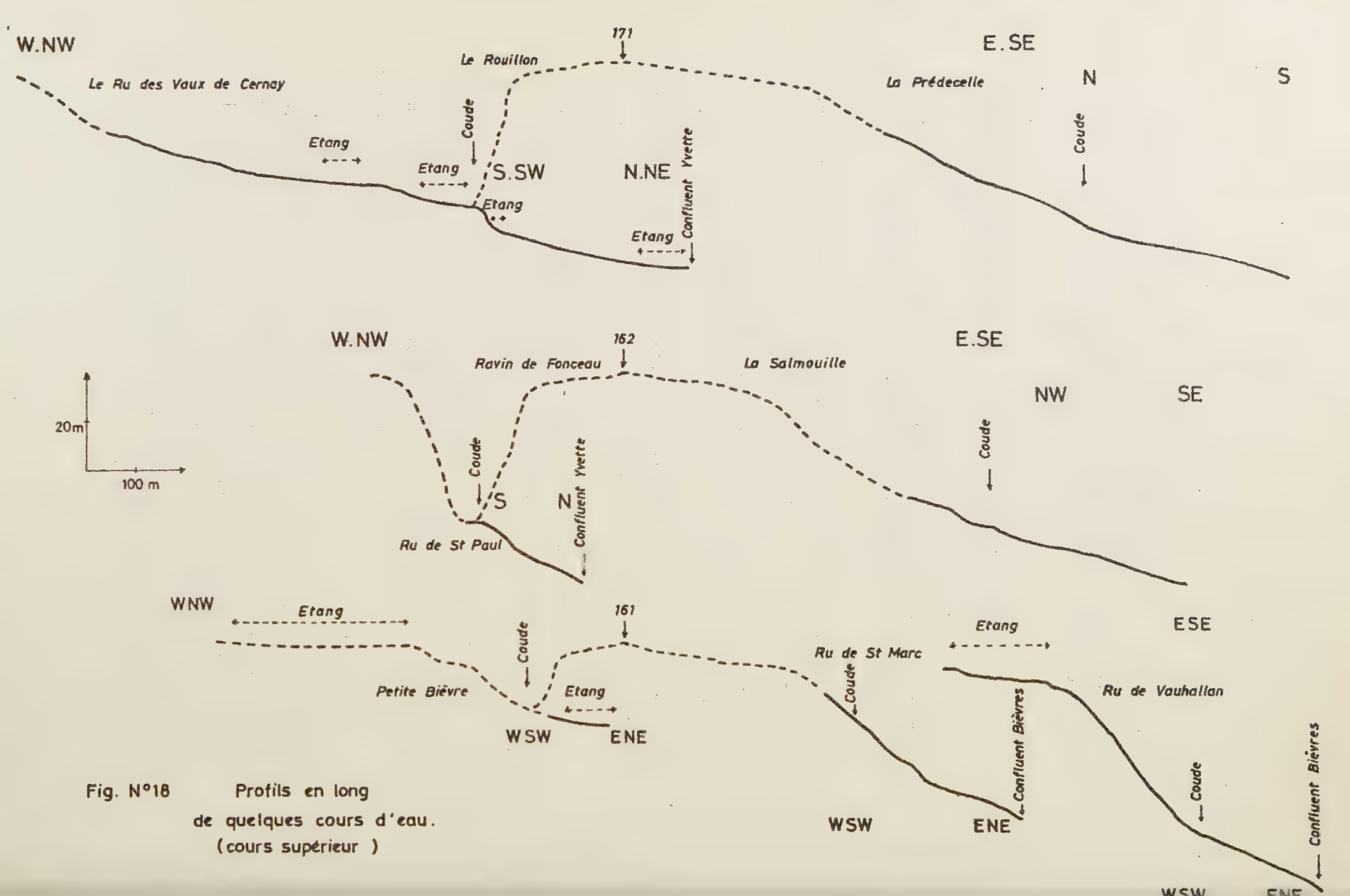


Fig. N°18 Profils en long de quelques cours d'eau. (cours supérieur)

On peut s'interroger sur le phénomène réel qui s'est produit. En effet la netteté des arguments avancés pour justifier une capture (alignement, coude, rupture de pente) s'oppose à l'écoulement très faible qui pouvait avoir lieu vers l'E.S.E. avant capture.

Or, il apparaît que :

- l'alignement a une explication structurale par l'influence d'un même chenal du toit des Sables de Fontainebleau.

- le coude semble être le résultat de mise en place par érosion régressive du réseau hydrographique comme on l'a décrit pour le Ru de Saint-Paul (Fig. n° 17), qu'il y ait eu capture d'une véritable rivière ou simplement d'un étang ou d'une zone marécageuse.

- la rupture de pente a une cause lithologique. Elle semble due au franchissement d'une dalle de grès (très importante) et du chaos qu'elle a donné (Une rupture de pente plus faible s'observe dans le cours inférieur de la Mérantaise, sur le passage d'un axe grésifié : cf. Carte des Pentes et Bassins Versants.

Remarquons de plus que :

- les profils en long du ru des Vaux de Cernay, du Rouillon et de la Prédecelle sont analogues à ceux d'autres cours d'eau de la région pour lesquels il est souvent difficile de parler de capture (Fig. n° 18).

- l'observation des cotes actuelles des lignes de crête n° 9 et 10 encadrant le ru des Vaux de Cernay, le Rouillon et la Prédecelle n'implique pas une pente et un écoulement généralisé de l'W.N.W. vers l'E.S.E. (cf. Fig. n° 10),

écoulement qui aurait existé avant la capture.

Nos conclusions sont ainsi les suivantes :

1) On peut certainement parler de capture de bassin versant. Cependant on ne peut pas dire si celui-ci connaissait un écoulement vers l'E.S.E. qui aurait constitué à l'époque le cours supérieur de la Prédecelle (c.a.d; de l'actuel cours supérieur du ru des Vaux de Cernay et le Rouillon). Cet écoulement est nécessaire pour parler de capture au sens habituel de ce terme. Le bassin versant pouvant aussi bien être fermé et occupé par des marais, on ne peut donc pas affirmer qu'il y ait eu une véritable capture de rivière.

2) L'apparente évidence de la capture, justifiée par les 3 arguments exposés précédemment (alignement, coude, rupture de pente) est trompeuse. Qu'il y ait eu capture ou non, ces 3 arguments ont des explications indépendantes de la notion de capture, explications étroitement liées à la structure du toit des Sables de Fontainebleau.

II.183. Réalisation d'une carte du toit des Sables de Fontainebleau (1/50 000 - Hors texte).

Pour établir cette carte, j'ai rassemblé tous les sondages disponibles et provenant du B R G M, du L R O P (Laboratoire des Ponts et Chaussées de Trappes), de quelques autres organismes ou bureaux d'études (Ces points de sondages sont inégalement répartis sur la région étudiée.)

J'ai utilisé aussi toutes les cotes mesurées dans des carrières lorsque le contact stratigraphique Sables

Tableau N°2 CARRIERES MONTRANT LE CONTACT

SABLES DE FONTAINEBLEAU-FORMATION DE BEAUCE.

COMMUNES Lieu-dit ou localisation	X	Y	Z	TYPES DE CONTACTS. Argiles et meulières celluleuses parfois compactes colluvionnées en place reposant sur les Sables de FONTAINEBLEAU	Argiles et meulières celluleuses et meulières compactes fossilifères colluvionnées en place reposant sur les Sables de FONTAINEBLEAU	Calcaire crayeux (avec souvent argiles brunes et calcaires silicifiés) en place reposant sur les Sables de FONTAINEBLEAU
ALLEFARGIS.	566.865	111,760	>171	X (avec grès)		
ICERNAY-LA-VILLE : coin Sud du cimetière	572,400	108,082	154			X
front Sud de la sablière.	572,300	107,835	169	X (avec grès)		
CHEVREUSE. Ouest du bois de la Roche Coulon.	576,825	112,750	145			X
CHEVREUSE. Bois du Vossery.	578,535	110,150	148	X (avec grès)		
ELANCOURT. La Pièce des Loges.	571,430	120,350	147			X
GIF-SUR-YVETTE. Plateau de Belleville.	583,422	110,240	>145	X		
JOUARS-PONCHARTRAIN. Côtes de Ponchartrain	569,400	122,037	161			X (avec grès)
JOUY EN JOSAS. Le Petit Villain.	586,605	117,175	>148		X	
LEVIS-SAINT-NOM. Girouard.	571,375	113,625	136			X
MAGNY-LES-HAMEAUX. N.E. de Brouessy	579,040	116,375	143		X	
MAGNY-LES-HAMEAUX. La Croix du Bois	579,890	116,450	155	X (avec grès)		
MAINCOURT-SUR-YVETTE. Les Roches.	572,525	113,462	>155	X (avec grès)		
MAUREPAS. Les Petits Houx.	569,785	118,087	154			X
MAUREPAS. Parc aux Loups Hauts.	568,075	119,282	152			X
LES MOLIERES. Bois du parc Berrier	580,412	109,862	153	X (avec grès)		
LES MOLIERES. Est de Montabé.	580,337	109,102	136			X
ORSAY. Bois Persan.	589,885	110,079	147	X (avec grès)		
PALAISEAU. La Troche.	589,537	112,312	151	X (avec grès)		
PLAISIR. Bois de la Cronne.	572,430	123,800	>145	X (avec grès)		
PLAISIR La côte d'Elancourt.	571,665	121,287	152			X
SAINT-AUBIN Belle Image.	585,027	112,090	154	X (avec grès)		
SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE. Carrière de St Paul	579,455	110,735	149	X (avec grès)		
SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE Bois Ste Catherine	580,350	110,655	154	X (avec grès)		
SENLISSE. Bois des Maréchaux, carrière S E	572,105	109,092	165	X (avec grès)		
SENLISSE. La Petite Haussière.	572,552	110,325	162	X (avec grès)		
VILLIERS-LE-BACLE. Bois des Grais	583,432	112,955	151	X (avec grès)		

de Fontainebleau-formation de Beauce était visible (Tableau n° 2). Enfin la cartographie des formations de versant m'a permis de déterminer de nombreuses cotes minimales, fort précieuses dans certains cas.

Par ailleurs, l'étude géomorphique m'a fourni quelques critères d'interpolation :

- la relation ligne de crête-alignement de points hauts des Sables de Fontainebleau

- la dissymétrie de certaines des ondulations du toit des Sables de Fontainebleau.

- la déformation d'ensemble de la surface moyenne du toit des Sables de Fontainebleau.

La carte est tracée en courbes de niveau espacées de 5 m en 5 m.

Elle met en évidence que les ondulations du toit des Sables de Fontainebleau existent dans la plus grande partie de la région étudiée. Leur existence ou leur emplacement précis peut en effet être mis en doute dans certaines zones (environ 10 % de la surface cartographiée) où les informations sont trop peu nombreuses. Les courbes de niveau y sont alors tracées en pointillé). Il apparaît que les alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau sont espacés de 1500 à 3000 m, avec une dénivellation entre le sommet de l'alignement et le chenal adjacent de 15 à 30 m.

Cette carte permet d'avoir une idée approximative de la profondeur du toit des Sables de Fontainebleau et pourrait donc être prise en compte avant toute campagne

de sondage.

Elle permet de délimiter des zones (les fonds de chenaux) où les "Marnes de Trappes" de la formation de Beauce existent avec les plus fortes émaisseurs et où le risque de trouver des marnières est le plus grand. Ces zones ont été indiquées sur la carte de zonage pour l'aménagement (Cf. Carte hors texte et Conclusion générale).

Cette carte permet aussi de délimiter des zones (les sommets et les flancs d'alignements de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau) où la présence de grès est possible. Nous l'utilisons au chapitre III pour définir une méthodologie de prospection préliminaire d'un site.

II-19. Etude de la fissuration des grès stampiens

II-191. Mesures des diaclases

Sur les conseils de Mr le Professeur P , j'ai étudié la fissuration des bancs de grès dans les anciennes carrières de la région. Onze carrières ont été ainsi étudiées.

Dans chacune d'entre elles j'ai mesuré pour chaque direction moyenne de front de taille les orientations des diaclases interceptant ce front de taille ou visibles sur le sommet de la dalle de grès très souvent dégagée sur quelques mètres (191 mesures au total). Il n'était pas toujours possible de mesurer le pendage des diaclases du fait d'ouvertures trop étroites). Cependant, le pendage moyen étant très voisin de 90° (pendage minimum mesuré : 70°), la seule mesure des orientations de diaclases devait permettre de mettre en évidence des familles de diaclases,

si ces familles existaient.

Sur la Fig. n° 19 le nombre de mesures a été porté en fonction de l'orientation des diaclases par secteur de 5° (rose totale des orientations de diaclases). Une direction dominante apparaît à N 110-130. Deux autres directions moins importantes, apparaissent également, l'une perpendiculaire à la précédente à N 20-40, l'autre à N 80-100.

Nous nous sommes posé le problème de la représentativité de l'échantillonnage que constitue notre ensemble de mesures. En effet, dans ces anciennes carrières le front de taille s'étend souvent sur plusieurs centaines de mètres (100 à 800 m), alors que le sommet de la dalle de grès n'est dégagée que sur quelques mètres. Au-delà les argiles à meulière la recouvrent et elle s'enfonce ou disparaît sous les plateaux. De ce fait, l'observation des diaclases perpendiculaires au front de taille se trouve très privilégiée, celle des diaclases parallèles au front de taille très défavorisée. Sur la Fig. n° 20, le nombre de mesures a donc été porté en fonction des orientations moyennes des fronts de taille par secteur de 5°. Il apparaît que ces orientations se distribuent suivant 3 directions principales : N 20 - 40 , N 80 - 100 et N 110-130. Nous avons alors tracé des roses partielles d'orientation de diaclases pour chacun de ces 3 secteurs d'orientation de front de taille (Fig. n° 19, 21, 22).

Les conclusions suivantes apparaissent :

- La direction N 110 - 130 apparaît sur les 3 roses partielles. Elle ne dépend donc pas de notre échantillonnage. Elle est cependant mieux marquée dans la Fig. n° 19. (Cas d'observation privilégiée, orientation du front de taille perpendiculaire à cette direction).

Fig.N°19 Roses des orientations de diaclases (rose totale et rose partielle 1) dans les grès.

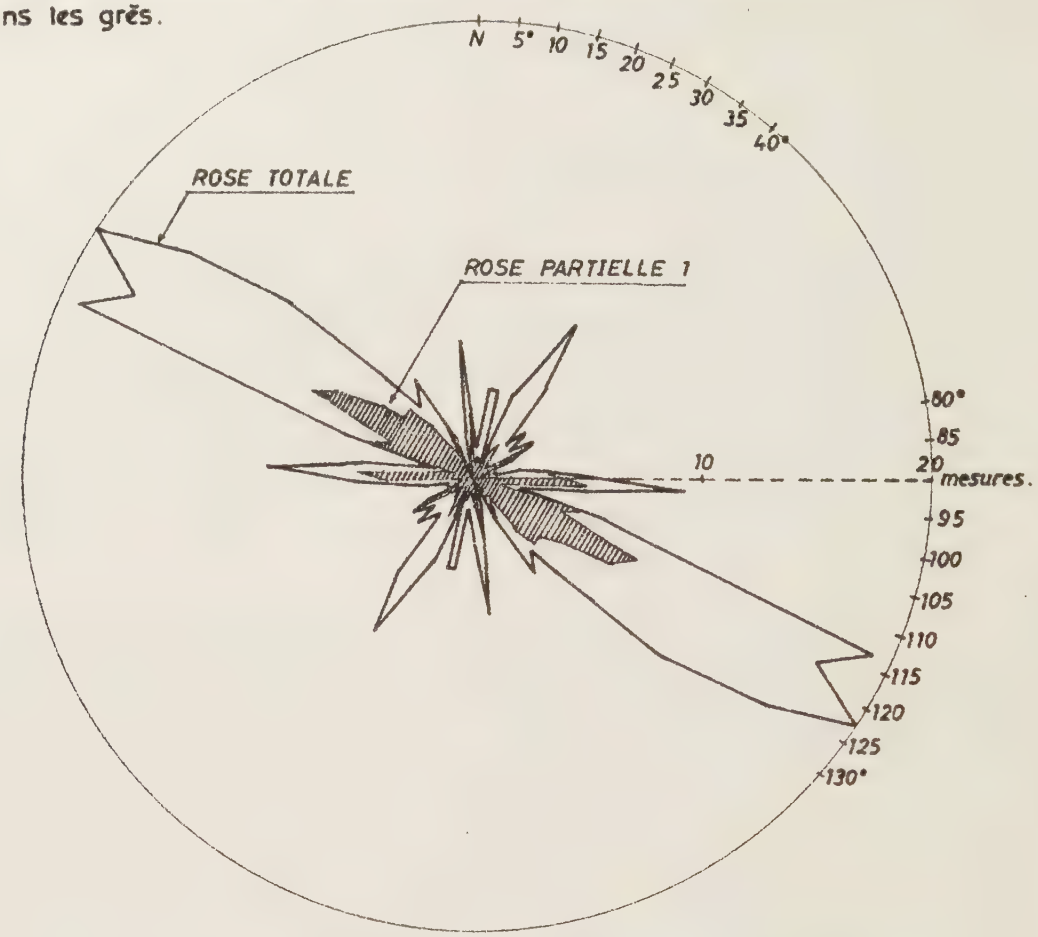


Fig. N°20 Rose des orientations de front de taille dans les anciennes carrières de grès.

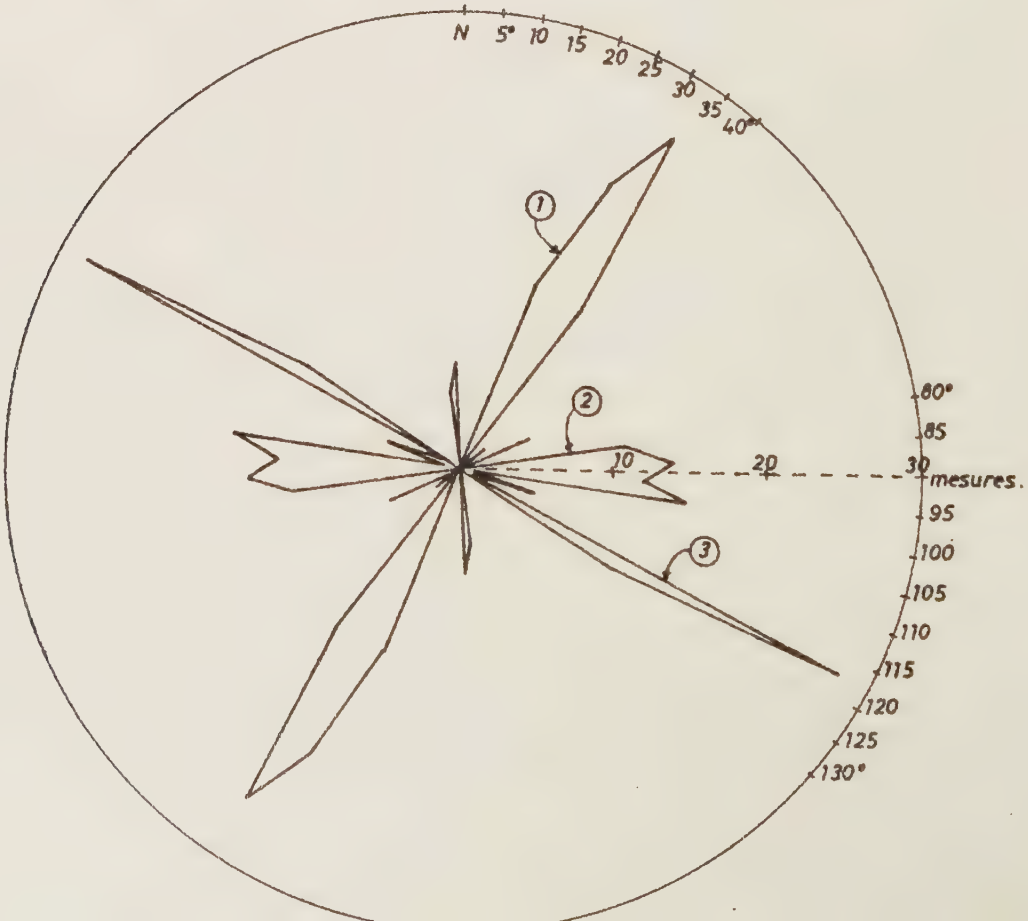


Fig. N°21 Roses des orientations de diaclases (rose totale et rose partielle 2) dans les grès.

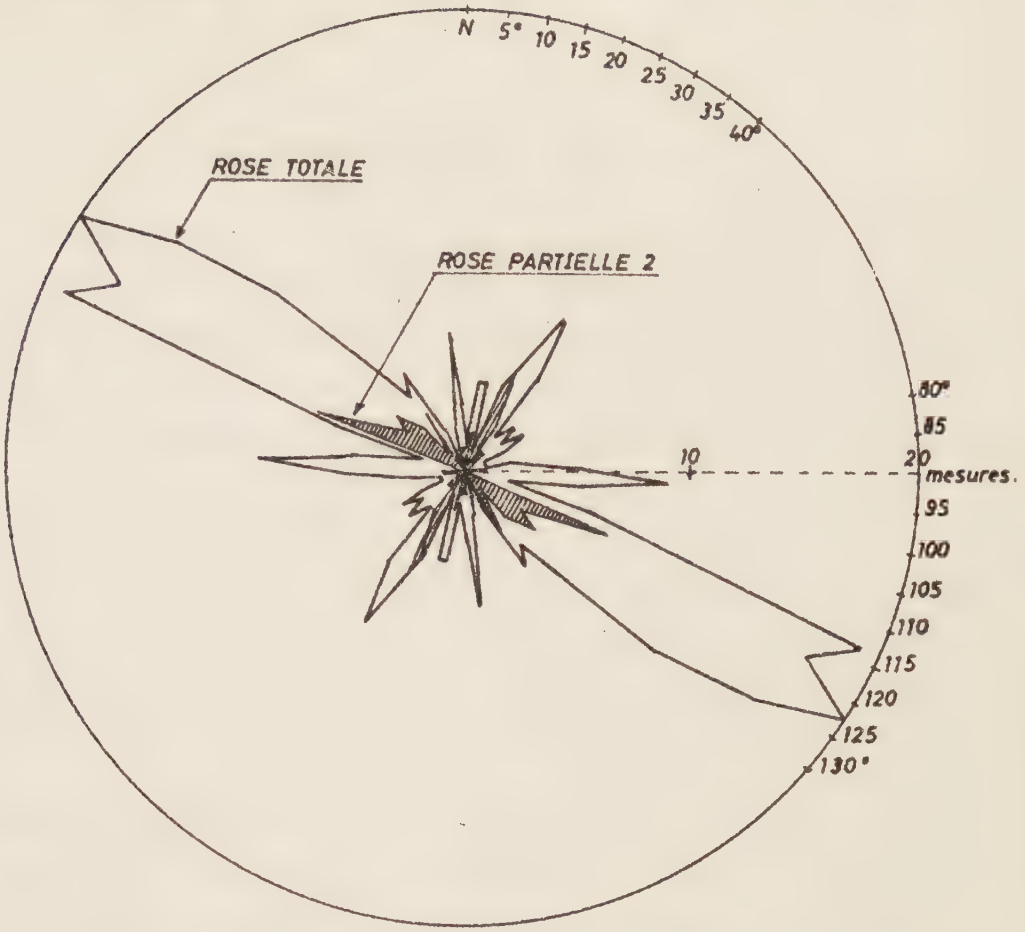
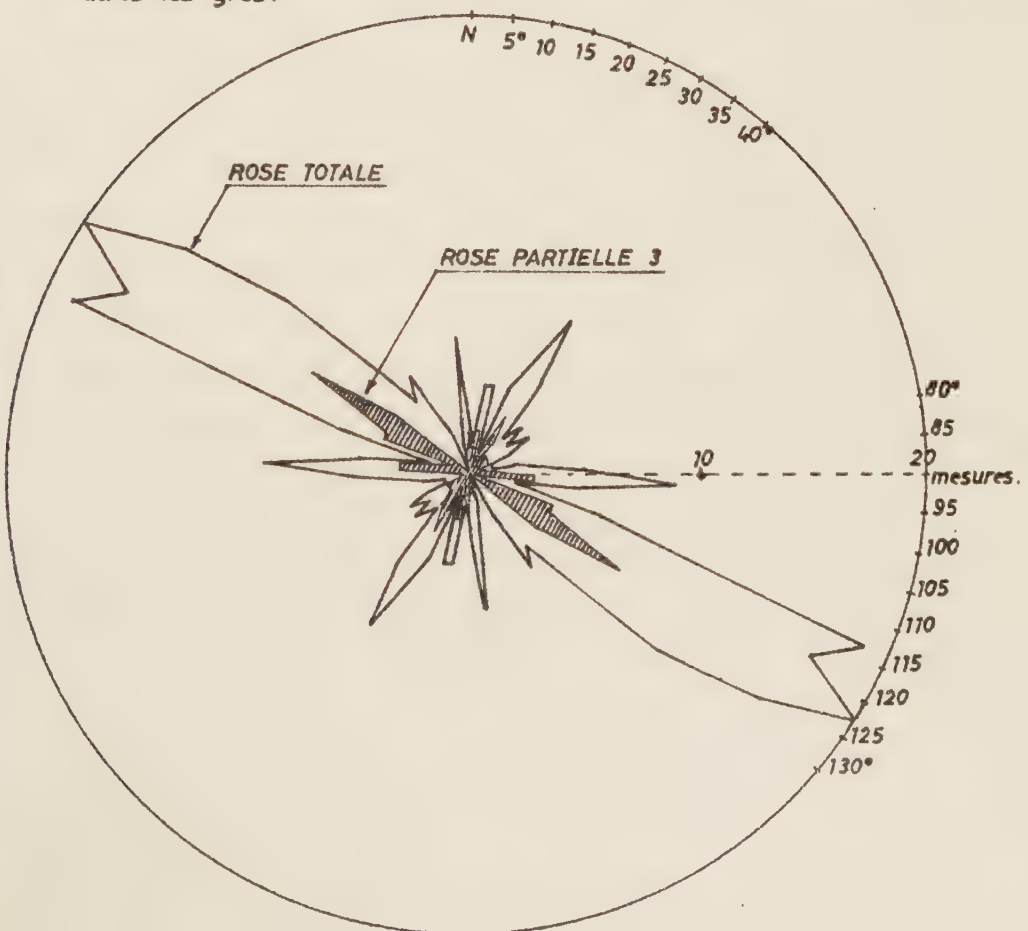


Fig.N°22 Roses des orientations de diaclases (rose totale et rose partielle 3) dans les grès.



- La direction N 20 - 40 , perpendiculaire à la précédente, n'apparaît pas dans la Fig. n° 19 (cas d'observation défavorisée) apparaît bien dans la Fig. n° 21 (cas d'observation plutôt favorisée), et assez peu dans la Fig. n° 22 (cas d'observation favorisée). On ne peut donc conclure sur le caractère dominant de cette orientation.

- La direction N 80 - 100, apparaît assez bien dans la Fig. n° 19 (cas d'observation plutôt favorisée), moins bien dans la Fig. n° 22 (cas d'observation défavorisée), pas du tout dans la Fig. n° 21 (cas d'observation plutôt défavorisée). On ne peut pas encore conclure dans ce cas.

Nos mesures mettent donc en évidence l'existence d'une direction principale de diaclases à N 110 - 130. Elles ne nous permettent pas de dire si les directions N 20 - 40 et N 80 - 100 sont représentatives de familles de diaclases où si l'observation et la mesure de ces directions ne sont dues qu'aux orientations particulières des fronts de taille. Cependant, si l'on veut bien se reporter à la Fig. n° 20 on constate que les orientations de front de taille des carrières se répartissent en 3 familles principales qui correspondent exactement aux 3 directions de diaclases. Or il est fort probable que les carriers ont utilisé les directions de diaclases pour exploiter les grès. Il est donc vraisemblable que les 2 directions N 20 - 40 et N 80 - 100 correspondent aussi à des familles particulières de diaclases. En conclusion, nous pensons donc que parmi toutes les directions possibles de diaclases affectant les bancs de grès, il existe une direction principale N 110 - 130 et deux directions secondaires N 20 - 40 et N 80 - 100.

II-192. Interprétations des mesures

La plupart de nos carrières étant à plus de 100 m du versant et d'une façon plus précise de la rupture de pente à 5 %), et parfois à 200 ou 300 m, on ne peut attribuer la direction principale observée à des mouvements de masse de ces versants. L'orientation de ceux-ci est d'ailleurs quelconque par rapport à cette direction dominante. On ne peut non plus attribuer cette direction principale à des problèmes de surplomb et de "porte à faux" localisés. On observe souvent que le sable a été enlevé sous les dalles de grès sur 20 à 50 cm d'épaisseur et une profondeur de 1 à 3 m. En effet, connaissant les orientations moyennes des fronts de taille, les 3 directions N 20 - 40, N 80 - 100, N 110 - 130 auraient dû apparaître avec la même intensité.

Il semble donc que l'hypothèse tectonique soit la plus vraisemblable pour expliquer ces diaclases. D. OBERT (1974) est arrivé à cette même conclusion à l'issue de mesures d'orientation de diaclases des grès sur des platières dans la région de Fontainebleau. Ses mesures lui ont permis de mettre en évidence une direction principale à N 110 - 130 et une direction moins importante à N 20 - 40.

De telles observations sont des arguments pour faire intervenir une phase tectonique dans la genèse des ondulations du toit des Sables de Fontainebleau. Nous ne nous prononçons pas cependant sur cette genèse pas plus que sur celle des grès. Celles-ci n'interviennent pas comme hypothèses dans notre travail qui, par ailleurs, ne nous y conduit pas directement.

II-2. ETUDE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

II-21 - Les limons des plateaux

II-211 - Description des limons de plateau.

Différents types de limons ont été observés sur les plateaux de la région étudiée. Il s'agit généralement de limons éoliens ou loess calcaires présentant une altération pédogénétique en limon brun décarbonaté ou lehm à leur partie supérieure. Ces loess reposent très souvent sur un cailloutis de base, résultat d'une altération et d'un remaniement des Sables de Lozère et de la formation de Beauce. Ce cailloutis de base et les formations sous-jacentes portent souvent des marques de cryoturbation sous l'aspect de fentes en coin affectant le cailloutis de base et de remontées en poches des formations sous-jacentes à travers le cailloutis.

On observe également des limons remaniés, limons de ruissellement ou de solifluxion provenant directement des précédents.

Les limons, parfois calcaires que l'on observe sur certaines pentes de versants (généralement inférieures à 10 %) ainsi que les limons d'inondation au fond de certaines vallées, sont décrits avec les formations de versant et de fond de vallée.

La description d'une coupe-type concernant le complexe des limons de plateau (lehm - loess - cailloutis de base) est donnée dans la Fig. n° 23.

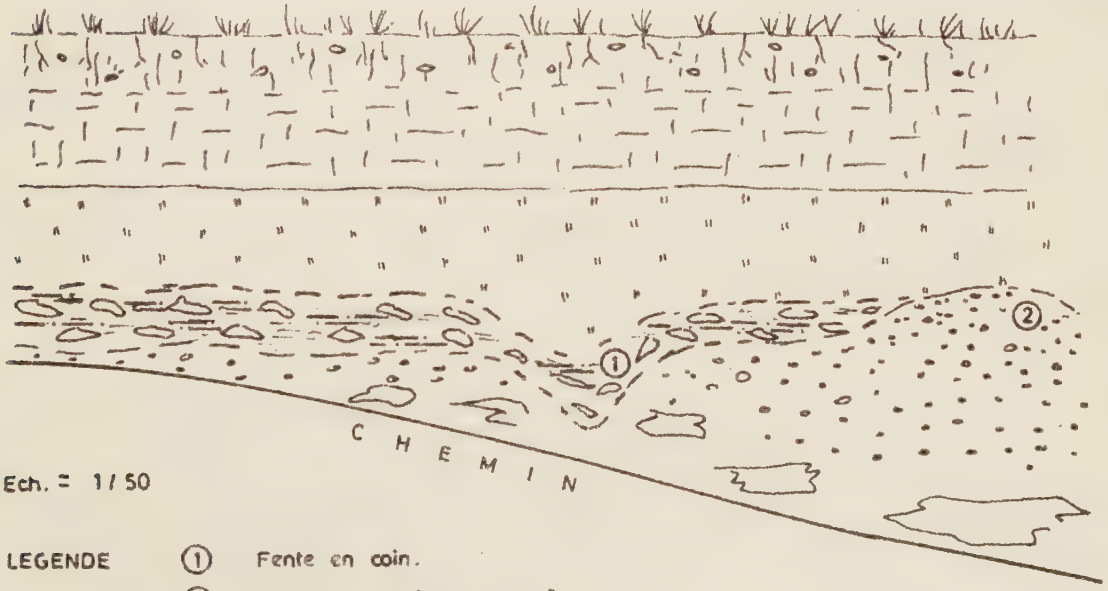
J'ai pu observer plusieurs variantes d'une telle

Fig. N°23 PI de Vauhallan. X = 589,22 Y = 115,88 Commune de Bièvres.

Coupe	Ech.	Description.	Calcimétrie.	< 2 µ Argile		W_L	Ip
		Terre de culture. *Limon brun légèrement caillouteux.*					
0,5		*Limon brun sombre avec taches plus claires, Structure fendillée. Lehm ou sol brun lessivé.*					
	X		1 %	31 %	K M I	36	7
1,0							
	X	*Loess calcaire brun clair. Structure légèrement feuilletée. Décoloration hydromorphique avec traces blanches calcaires plus abondantes à la base*	17,5 %	24 %	K M I	30	4
1,5							
	X	*et tapissant également le - Cailloutis de base :* *(Grains de Sables de Lozère et Cailloux de meulière émoussés et rubéfiés.)*	15 %	25 %	K M I	34	13
2,0		*Sables et Argiles de Lozère imprégnés de limon.*					
2,5		*Sables et Argiles de Lozère surmontant la formation de Beauce.(Argiles et Meulières)*					

K = kaolinite M = montmorillonite I = illite.

Figures de cryoturbation affectant la coupe ci-dessus



Ech. = 1/50

LEGENDE
① Fente en coin.
② Sables de Lozère injectés à travers le cailloutis de base.

coupe. Ainsi dans les fouilles de l'Ecole Polytechnique sur le plateau de Palaiseau (X = 590,52 Y = 112,55) j'ai observé de haut en bas la succession suivante :

- Terre de culture, limon brun non calcaire. Epaisseur 0,40 m.

- Limon brun non calcaire avec cailloutis (grains de Sable de Lozère et petits cailloux de meulière rubéfiés) plus abondant vers la base. Epaisseur 1,30 m.

- Limon brun calcaire avec traces blanches caldaires et nombreuses concrétions calcaires (poupées de loess) de 2 à 3 cm de diamètre - Epaisseur 0,80 m.

- Sables et Argiles de Lozère (Epaisseur 1 m) surmontant des argiles avec meulière celluleuse de la formation de Beauce. Il semble qu'il y ait eu ici 2 apports distincts de loess séparés par le cailloutis de la 2ème couche. La 3ème couche repose par contre directement sur les Sables et Argiles de Lozère, sans l'intermédiaire d'un cailloutis de base.

Dans les fouilles d'un collecteur près de la ferme d'Aigrefoin (X = 582,42 Y = 112,55, Commune de St-Rémy-les-Chevreuse). J'ai pu observer la coupe suivante :

- Terre de culture et limon brun non calcaire (lehm). Epaisseur 1 m.

- Limon brun clair calcaire avec quelques granules de Sables de Lozère devenant de plus en plus abondants vers la base et taches grises argileuses se développant vers la base (nombreux grains charbonneux pulvérulents à la base). Epaisseur estimée : 2,20 m, car passage insensible à :

- Sables de Lozère dans argile limoneuse grise non calcaire passant à la base de la coupe à une argile grise et rouge. Epaisseur 0,40 m.

On trouve là une épaisseur de limon supérieure à 3 m, épaisseur assez rarement dépassée dans la zone étudiée quand il s'agit du véritable complexe des limons de plateaux non remaniés. Le cailloutis de base est également absent dans ce cas.

Bien souvent l'épaisseur du complexe est plus faible, inférieure à 2 m très souvent, voire à 1 m. Dans ce cas, le loess calcaire est souvent inexistant et l'on observe un lehm apparemment non remanié, reposant directement sur le cailloutis de base. On passe souvent insensiblement de ce lehm à des limons de ruissellement ou de solifluxion représentés par des limons bruns non calcaires, contenant de nombreux éléments provenant de cailloutis de base ou de Sables de Lozère (alors non rubéfiés) ainsi que des grains charbonneux pulvérulents.

On passe parfois directement du complexe des limons de plateau (avec loess calcaire) à des limons remaniés en partie calcaire, présentant une partie superficielle décarbonatée. (Ces limons seraient peut-être des limons de solifluxion et les précédents des limons de ruissellement).

J'ai pu observer la coupe suivante dans les fouilles du collecteur de la ferme d'Aigrefoin déjà citée (X = 582,70, Y = 112,92).

- Limon brun, non calcaire - Epaisseur 0,60 m.
- Limon brun non calcaire avec grains de Sables de Lozère

non rubéfiés abondantset quelques poupées de loess. Epaisseur 1,50 m.

- Argile à meulière celluleuse. Epaisseur 0,70 m.

Il semble que les limons remaniés s'accumulent dans certains endroits privilégiés en relation avec la pente du terrain et le régime d'écoulement des eaux de ruissellement : il s'agit le plus souvent de prolongements élargis de têtes de vallon sur les plateaux.

II-212. Répartition des limons

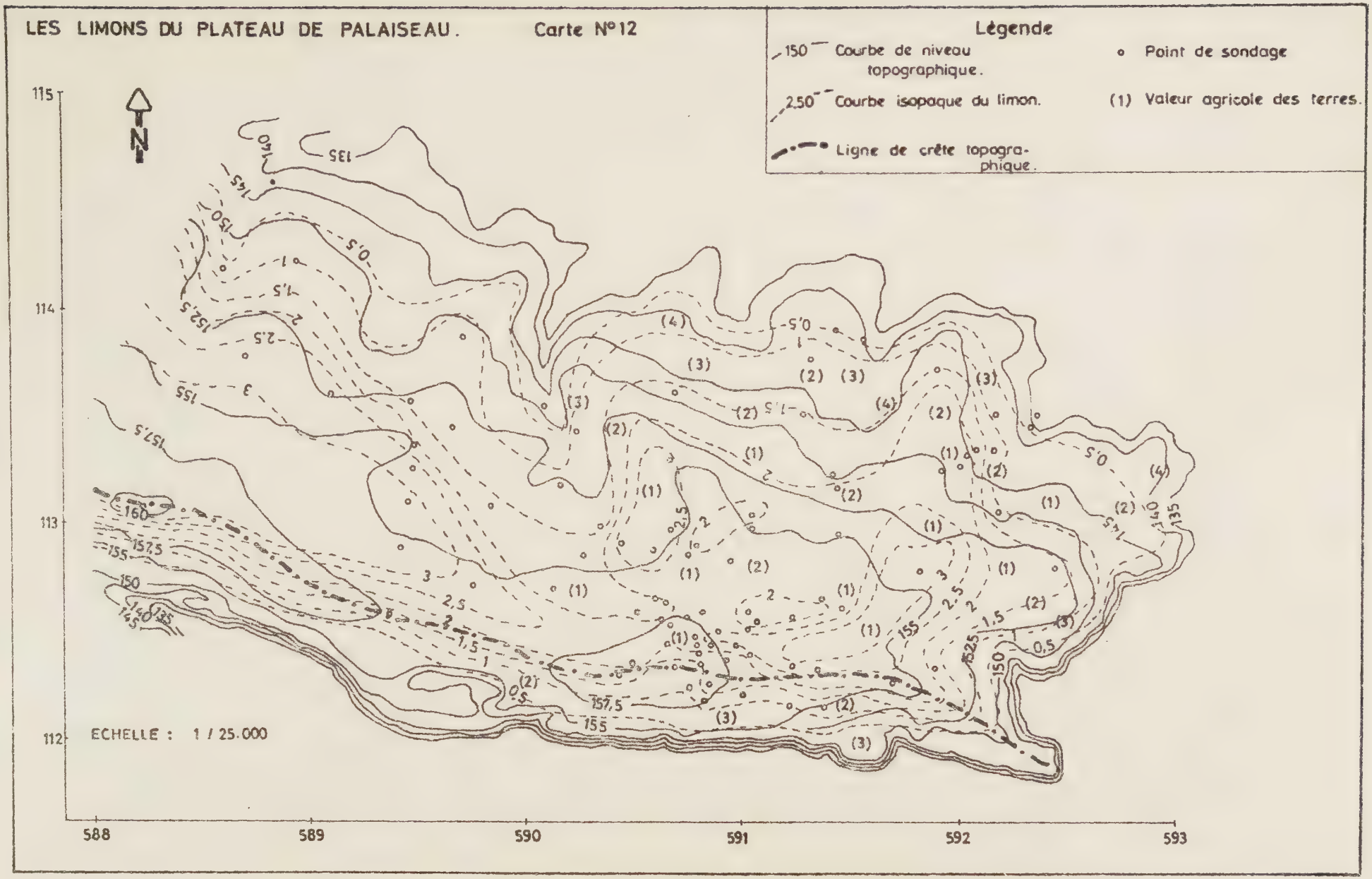
La carte n° 12 rassemble toutes les informations dont nous disposons concernant l'épaisseur du complexe des Limons de Plateau, sur la partie Est du plateau de Palaiseau. Les sondages proviennent d'études concernant l'Ecole Polytechnique, le tracé de l'autoroute A 87 et quelques ensembles immobiliers. J'ai complété la reconnaissance de certaines zones par des sondages à la tarière à main (une quinzaine). Cette tarière ne traversant pas le Cailloutis de base ou n'entamant que partiellement la zone de transition, j'ai ajouté une épaisseur uniforme de 20 cm aux limons traversés par cette tarière (par analogie avec les autres sondages).

La superposition des courbes de niveau topographiques et des courbes d'égale épaisseur du limon permet de faire les observations suivantes :

- Le limon présente sa plus forte épaisseur sur une large bande parallèle à la ligne de crête principale et décalée par rapport à celle-ci vers le N.E.

- Il diminue rapidement d'épaisseur sur le versant exposé

LES LIMONS DU PLATEAU DE PALAISEAU. Carte N°12



au S. ou au S.W., de même que la topographie s'abaisse rapidement vers le S. ou le S.W. à partir de la ligne de crête.

- Il diminue lentement d'épaisseur vers le versant exposé au N ou N.E., de même que la topographie s'abaisse lentement vers le N. ou le N.E. à partir de la ligne de crête.

- Sur cette dernière partie du plateau les courbes d'égale épaisseur suivent d'assez près les courbes de niveau, le limon étant moins épais lorsque celles-ci ont leur convexité tournée vers la ligne de crête principale (formes en creux), et plus épais dans le cas contraire (formes en bosse).

A titre indicatif, nous avons également porté sur cette carte n° 12 les classes de terres, (c.a.d. la valeur agricole des terres en valeur décroissante de 1 à 4), relevées sur une carte ancienne (Carte Agricole, Géologique, Parcellaire et Statistique de la Commune de Palaiseau - 1851). On constate que les meilleures terres (Classe 1) correspondent assez bien aux zones où le limon est le plus épais.

En d'autres endroits du plateau (Commune de Saclay, Toussus-Le-Noble, Trappes) nous avons pu faire des observations semblables à celles décrites ci-dessus. On peut donc proposer l'interprétation suivante : Les limons se seraient déposés sous le vent d'un système de vents dominants soufflant vers le N, NE ou E, d'où des épaisseurs maximales à l'abri des lignes de crête principales, vers le N.E. Actuellement le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique entraîneraient une partie de ce dépôt, d'où des épaisseurs de limon plus faibles lorsque les

courbes de niveau ont leur convexité tournée vers les lignes de crête, signe d'une direction d'érosion importante.

Remarquons que, du fait de cette répartition des limons, les lignes de crête topographiques de direction W.N.W.-E.S.E. sont légèrement décalées vers le N.E. par rapport aux mêmes lignes de crête de la surface oligo-miocène. Toutefois ce décalage ne dépasse guère 200 m et est plus souvent de l'ordre de 100 m.

II-215 Réalisation d'une carte des épaisseurs des limons (au 1/50 000) hors texte

Cette carte (hors texte) a été réalisée sur l'ensemble de la zone étudiée, utilisant pour cela tous les sondages disponibles, de nombreuses observations de fouilles et de tranchées et les relations mises en évidence entre courbes de niveau et épaisseur des limons.

A partir de cette carte on peut faire les observations suivantes.

- L'épaisseur des limons sur les plateaux au Sud de l'Yvette dépasse rarement 2 m alors que ceux situés au Nord ont très souvent des épaisseurs supérieures à 2 m et 2,50 m, parfois même 3 m. Ceci est à rapprocher du fait bien connu des agriculteurs que les terres du plateau de Saclay sont bien meilleures que celles du plateau de Limours.

- Les zones où l'épaisseur de limon est inférieure à 1 m concernent des bandes étroites en bordure des plateaux se développant avant la convexité du sommet de versant, ou bien des interfluves étroits (Lieu-dit "La Tête Ronde", Commune de Villiers le Bâcle) ou bien des parties

plus larges sur les plateaux (Bois de Trappes). Ces zones n'ont pas toujours été mises en culture et portent alors des bois. Quand elles sont cultivées, le soc de la charrue faisant facilement remonter à la surface des éléments du cailloutis de base, elles portent souvent des noms de lieux-dits du type "Les Graviers". De tels noms de lieux-dits s'observent en général en bordure de plateau sur les cartes actuelles (Commune de Voisin Le Bretonneux) ou anciennes.

Les agriculteurs désignent eux-mêmes ces terres de ce nom (bordure de plateau au S.W. de La Martinière, Commune d'Orsay) et leur réservent les cultures de moindre valeur, tel le Colza. Dans le passé, on y semait du sarrazin que l'on abandonnait au gibier à plumes pour en favoriser la maintenance dans la région (Monographie Communale de Magny Les Hameaux - 1899).

Cette carte d'égale épaisseur des limons peut être prise en compte avant toute campagne de sondage. Par comparaison avec la carte du toit des Sables de Fontainebleau et la carte topographique elle permet d'obtenir l'épaisseur de la formation de Beauce et des Sables de Lozère réunis. Nous l'utiliserons comme les précédentes, pour définir une méthodologie de prospection préliminaire d'un site, de même que pour réaliser une carte de zonage pour l'aménagement.

II-22. Les formations de versant et de fond de vallée

II-221. Les différents types de versants et de fonds de vallée (Tableau n° 3)

On peut considérer que les facteurs ayant une

Tableau N°3 MORPHOLOGIE DES DIFFERENTS TYPES DE VERSANTS.

Morphologie des versants. / Types de versants.	Type I convexe 1	Type II convexe 2	Type III convexe rectiligne	Type IV convexo-concave 1	Type V rectiligne-concave	Type VI convexo-concave 2	Type VII rectiligne-concave-rectiligne 1	Type VIII rectiligne-concave rectiligne 2
Pentes maximales	20 %	10 %	30 %	10 %	40 %	20 % et 10 % pour la partie concave	40 % et 10 % pour la partie rectiligne	50 % et 10 % pour la partie rectiligne
Encaissement	15 à 30 m	15 à 25 m	30 à 50 m	25 à 40 m	40 à 80 m	35 à 60 m	50 à 100 m	80 à 110 m
Développement transversal moyen	200 m	700 m	300 m	800 m	500 m	800 m	600 m	1 km
Développement longitudinal maximum	500 m	500 m	3 km	1 km	3 km	5 km	3 km	7 km
Exposition prédominante au	SW	NE	SW	NE	SW	NE	NE	
Dissection	nulle	importante	nulle	importante	nulle ou moyenne	importante	moyenne	moyenne
Evolution vers l'aval en type..	III ou V	IV ou VI	V	VI	VII	VII	VIII	
Fréquence	8 %	8 %	20 %	8 %	10 %	16 %	10 %	20 %

influence sur la nature des formations superficielles de versant et de fond de vallée sont d'ordre géologique, hydrogéologique, topographique et climatique. Ces facteurs sont constitués principalement par la nature des formations géologiques affleurantes, le niveau d'émergence de la nappe des Sables de Fontainebleau, la pente et la forme du versant (convexe, rectiligne, concave ou plus complexe) à différentes échelles, l'exposition du versant.

Il est apparu, d'après les observations de sondages et surtout les observations de terrain que l'on pouvait associer des ensembles de formations superficielles à des types de versants, les facteurs énoncés ci-dessus commandant tout autant la morphologie des versants que les formations qui les recouvrent. J'ai distingué ainsi 8 types de versants dont les caractéristiques morphologiques sont données dans le Tableau n° 3. Les formations superficielles que l'on a associées alors à chaque type de versant sont décrites ci-après.

II-222 Nature et Epaisseur des formations superficielles suivant les types de versants

Type I et II : (encaissement de 15 à 30 m) Ces types de versants constituent les têtes de vallons de la plupart des cours d'eau (exemple : La Mérantaise), le type I étant généralement exposé au S.W. et le type II au N.E. Ces têtes de vallons se prolongent sur les plateaux par les formes d'érosion et les vallées sèches dont on a parlé précédemment.

Le profil de ces versants semble être dû en grande partie au climat périglaciaire du Pleistocène, les versants

de type I ayant probablement été modelés par le ruissellement, ceux du type II par la solifluxion.

- On observe ainsi sur les versants de type I des colluvions alimentées par le complexe des limons de plateau, les Sables de Lozère, la formation de Beauce, très peu par les Sables de Fontainebleau. Ces colluvions sont constituées de cailloux de meulière souvent rubéfiés (provenant alors du cailloutis de base des limons), de sables grossiers rubéfiés ou non (provenant des Sables de Lozère) englobés dans une matrice argileuse ou argilo-limoneuse (exemple : partie amont du Ruisseau de Vauhallan, avec nom de Lieu-Dit "La Glaiserie" sur carte ancienne ; Commune de Vauhallan). Ces colluvions sont assez peu épaisses (souvent moins de 2 m) et reposent soit sur la formation de Beauce dont il n'est pas toujours facile de dire si les premiers mètres sont en place ou en partie soliflués ou glissés, soit sur les Sables de Fontainebleau eux-mêmes en partie glissés.

- Les colluvions recouvrant les versants de type II sont généralement plus épaisses (2 à 3 m, parfois plus), très caillouteuses, leur matrice est beaucoup plus limoneuse (exemple : partie amont de la Mérantaise avec nom de Lieu-dit "Les Graviers" sur carte ancienne). Sans doute a-t-on eu un apport de limon prépondérant sur ces types de versants situés "sous le vent" par rapport à des vents dominants, vents d'Ouest ou du Sud, à l'époque périglaciaire. Ces types de versants sont presque toujours mis en culture alors que les versants opposés, de type I, ne le sont que très rarement et portent des bois le plus souvent.

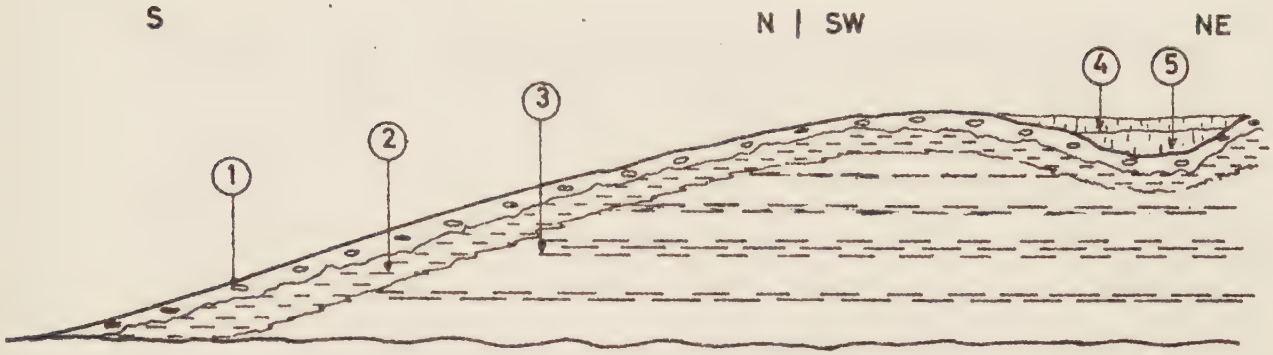
Type III et IV - Encaissement de 25 à 50 m

Ces types de versants prolongent vers l'aval, respectivement ceux de type I et II (exemple : La Mérantaise à la hauteur de Brouessy. Commune de Magny Les Hameaux). Ils se distinguent des précédents par le fait que les Sables de Fontainebleau sont nettement mobilisés.

- Les versants de type III leur doivent leur section rectiligne. Ils atteignent des pentes assez fortes de l'ordre de 30 % et sont très peu disséqués. A ce type de pente et de dissection sont associées des colluvions analogues à celles des versants de type I, mais moins épaisses (souvent moins de 1 m) et à matrice beaucoup plus sableuse. Nombreux sont les lieux-dits tels "Les Sablons", "la Sablonnière" qui caractérisent ces pentes de même que celles des versants de type V, VI, VII.

Ces colluvions reposent le plus souvent sur les Sables de Fontainebleau qui sont imprégnés d'argile sur 1 à 2 m d'épaisseur (Fig. n° 24). Ils ne sont probablement pas très remaniés en surface car j'ai pu observer, dans des sablières et des fondations en flanc de versant, des stratifications entrecroisées dans les sables à environ 1 m sous la colluvion. Mais on observe souvent des "microfailles" (rejets de 20 cm) et des fentes de gel qui se développent sur de grandes profondeurs (sur au moins 6 m dans une ancienne sablière du Ruisseau de St-Paul, X = 580,31 Y = 109,10, Commune des Molières - Fig. n° 25, ou dans le talû de déblai de la D 46, actuellement engazonné, Commune de Chevreuse). Aussi peut-on penser que de nombreux versants ont été l'objet d'importants phénomènes de cryoturbation au Périglaciaire et ont subi

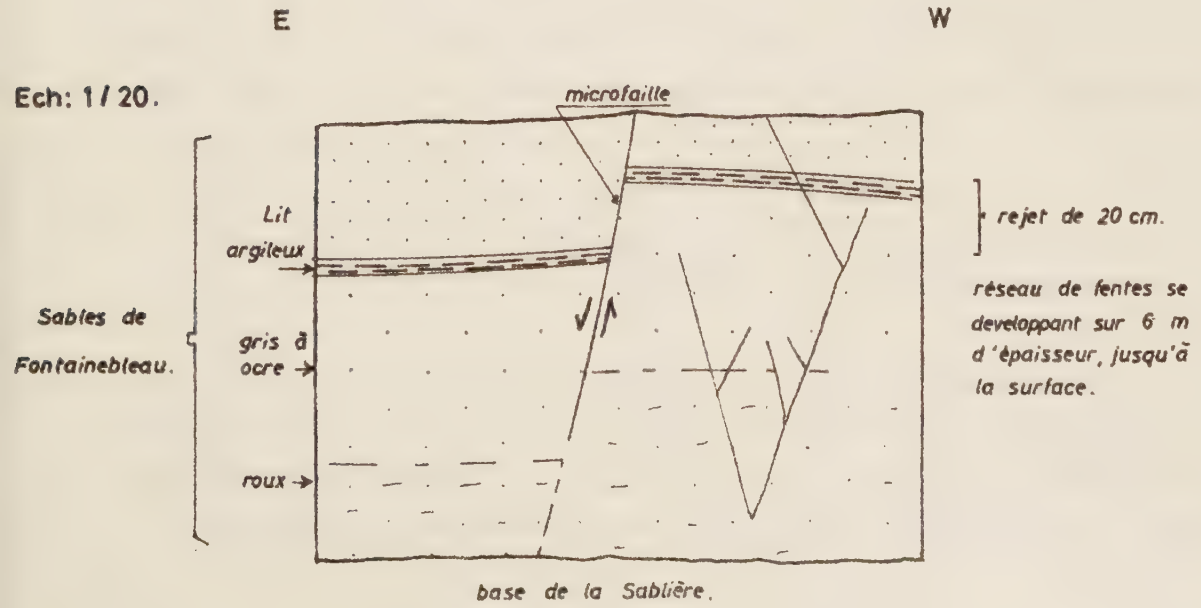
Fig. N°24 Colluvions sur versant à pente forte. (Sablière du Grand Viltain. X=586,30 Y=117,05. Commune de Jouy en Josas.)



Ech = 1/1 000.

Légende : 1) Colluvion alimenté par le limon, le cailloutisde base des limons, les sables de Lozère, la formation de Beauce, les sables de Fontainebleau (cailloux de meulière rubéfiés, graviers et sables de Lozère rubéfiés, cailloux de meulière celluleuse et compacte dans une matrice argilo-sableuse ou limoneuse ;
2) Sable de Fontainebleau imprégné d'argile sur 1 à 2 m ;
3) Sable de Fontainebleau légèrement argileux avec niveaux beaucoup plus argileux (faciès de Fontenay, faciès de Chevreuse) ;
4) Limon brun foncé, hydromorphe à structure fendillée ;
5) Limon brun clair, localement calcaire, avec poupées de loess.

Fig. N°25 Micro-faille et Fentes de Gel. (Sablière du Ruisseau de Saint Paul. X=580,31 ; Y=109,10. Commune des Molières.)



des déformations en masse. Signalons aussi que très souvent ces colluvions sont constituées de plusieurs coulées plus ou moins caillouteuses, plus ou moins sableuses, entre lesquelles s'intercalent parfois des lits de Sable de Fontainebleau très pur (de 10 à 20 cm d'épaisseur) et vers le sommet des paléosols très organiques. Localement ces colluvions s'épaississent (3 à 4 m d'épaisseur) suivant des poches déblayées dans les sables.

Lorsque les grès sont présents au sommet des Sables ils peuvent être suffisamment dégagés pour apparaître au sommet du versant ou sur la pente, simplement glissés. Ils ne participent pas encore aux colluvions proprement dites.

- Les versants de type IV présentent des colluvions analogues à celles de type II, généralement moins caillouteuses, assez épaisses (2 à 3 m), avec une matrice sablo-limoneuse.

- A partir de l'encaissement correspondant à ces 2 types de versants (25 m environ), un fond de vallée commence à s'individualiser. Il n'est autre que le prolongement du versant de type IV dans sa partie concave. La formation superficielle est encore une colluvion, plus caillouteuse que celle du haut de versant, et plus épaisse (2 à 5 m). Le cours d'eau coule au pied du versant de type III, et entaille parfois cette colluvion de fond de vallée (exemple : Le Rouillon de Valence, Commune de Dampierre).

- Signalons aussi que ces versants de type III sont caractéristiques de certaines entailles ou ravines de versants de vallées plus encaissées que les précédentes (encaissement supérieur à 50 m en général), entailles sans doute

réalisées par suite de l'érosion régressive d'une source d'affleurement de la nappe des Sables de Fontainebleau. Les pentes fortes des versants de ces ravines, quel qu'en soit l'orientation, semblent dues à une incision rapide avec sapement et glissement en masse des formations érodées. En effet, dans la partie amont de ces ravines on trouve de véritables "heads", accumulations de blocs de meulière dans une matrice argilo-sableuse peu importante, sur des épaisseurs de plusieurs mètres (exemple : ravine au Sud de Billehou, Commune de Saint-Aubin). En certains endroits ces "heads" ont donné lieu à une exploitation artisanale des blocs de meulière comme dans l'exemple précédant. Certaines de ces ravines, plus développées en longueur, incisent plus profondément le plateau et présentent des pentes plus faibles (exemple : Ravin de l'Etrille, Commune des Essarts Le Roi. La colluvion de surface est alors moins épaisse, moins caillouteuse, avec une matrice argileuse ou argilo-limoneuse.

Type V et VI : (Encaissement de 35 à 80 m)

Ces versants prolongent vers l'aval respectivement les versants de type III et IV (exemple : La Mérantaise en amont de Chateaufort). Ils doivent certaines de leurs caractéristiques à l'affleurement de la nappe des Sables de Fontainebleau.

- Les colluvions des versants de type V sont très semblables à celles de type III. Cependant, du fait de l'érosion régressive de sources d'affleurement ou du fait de la concentration du ruissellement, ces versants peuvent être largement incisés par des ravines ou simplement érodés par des gouttières de ruissellement réalisées dans le sable. L'origine de telles gouttières peut être anthropique, le

piétinement de la végétation herbacée le long de sentiers descendant du plateau vers la vallée et la faible épaisseur de la colluvion ayant permis aux eaux de ruissellement d'entailler le versant (à l'inverse, il est possible que de telles gouttières aient été empruntées postérieurement par les sentiers). Il est cependant certain que dans les endroits très fréquentés par les touristes on observe la disparition de la végétation, l'entraînement de la colluvion, le déchaussement des racines des arbres et le dépérissement de ceux-ci.

Dans d'autres situations, on observe ces mêmes versants non disséqués et sub-rectilignes sur de grandes longueurs (exemple, le Ru de Maurepas face au lieu-dit Le Vieux Cimetière - Commune de Maurepas).

- Les colluvions des versants de type VI sont très différentes de celles des versants de type IV, l'influence de la lithologie (Sables de Fontainebleau) supplantant l'influence climatique du Périglaciaire. On observe en effet, avec des pentes plus fortes, des colluvions analogues à celles des versants de type III et V. Cependant ces versants, sans être profondément entaillés sont beaucoup moins rectilignes que ces derniers. Leurs pentes sont des successions de creux et de croupes avec parfois des replats. Quelques sondages à la tarière à main-m'ont montré que, à mi-pente de ces versants les creux sont des zones d'accumulation de limon (épaisseur maximum mesurée 2 m). Ces limons sont parfois calcaires dans leur partie inférieure et ont sans doute été apportés par le vent plutôt que par les eaux de ruissellement des plateaux.

- Avec l'encaissement correspondant aux versants de type V et VI, 35 m environ, apparaît un véritable fond de

vallée, zone très plate, très souvent marécageuse, déterminée par l'affleurement de la nappe des Sables de Fontainebleau. Très souvent un sentier longe le pied du versant exposé au SW, à la limite de la zone marécageuse. Les formations de ces fonds de vallée sont encore très caillouteuses avec une matrice argilo-sableuse et peuvent présenter des niveaux tourbeux comme il s'en forme actuellement en de nombreux endroits. L'épaisseur de ces formations peut parfois dépasser 5 m.

Type VII - (Encaissement de 50 à 100 m)

C'est un prolongement vers l'aval des types V et VI. La partie convexe du haut de versant s'atténue et devient rectiligne, la partie concave du bas de versant se développe. La colluvion des hauts de versants est analogue à celle des versants de type III et V, et est très peu épaisse. La colluvion de la partie basse du versant (partie concave, rectiligne) de pente plus douce, environ 10 %) est constituée de sable limoneux contenant une charge caillouteuse assez peu importante. Très souvent, cette partie basse des versants est mise en culture ou consacrée aux prés (exemple : dans la vallée de la Mérantaise, le versant exposé au N.E. entre les Ponts de Pierre et le Moulin Neuf, Commune de Villiers Le Bâcle). Ces colluvions ne sont pas toujours très épaisses. Souvent les Sables de Fontainebleau peuvent être considérés comme en place (ou glissé sur lui-même) à moins de 2 m de profondeur ou bien les Argiles Vertes ou les Marnes à Huîtres suivant les cas sont échancrées, mais insuffisamment pour qu'elles aient une influence sur la nature des pentes en bas du versant et des formations les recouvrant. Il peut cependant arriver qu'elles affleurent en bas de versant comme au lieu-dit "La Tuilerie" (Commune de Gif-sur-Yvette, cours inférieur

de la Mérantaise) où elles ont fait l'objet d'une exploitation pour fabrication de tuiles.

- Parfois la partie basse se développe sur une grande largeur, suivant une pente très douce (de l'ordre de 10 % ou inférieure) et l'on observe alors d'importants placages de limons de pente calcaires, pouvant atteindre 3 m d'épaisseur (le plus souvent 1,50 m) et souvent décarbonatés dans leur partie supérieure. Ces versants sont généralement exposés au N ou N.E. (exemple : lieu-dit "Le Vieux Cimetière" Commune de Maurepas).

- Les formations de fond de vallée associées à ce type de versant sont analogues à celles précédemment décrites.

Type VIII (encaissement de 80 à 110 m).

Pour ce type de versants qui prolongent vers l'aval les versants de type V ou VII, la rupture de pente au niveau de la concavité est beaucoup plus sensible et est due à l'affleurement très net des Argiles Vertes ou des Marnes à Huîtres suivant les cas. Le toit de ces formations se situe cependant entre 10 et 20 m au-dessous de cette rupture de pente à cause de la présence de colluvions et de sources d'affleurement de la nappe des Sables de Fontainebleau. Ces types de versants concernent essentiellement les cours moyen et inférieur de la Bièvre et de l'Yvette pour lesquels les dissymétries de versants sont beaucoup moins importantes que pour la Mérantaise par exemple.

- Les colluvions de la partie haute de ces versants sont très semblables à celles des versants de type III et V.

La partie basse des versants est couverte de colluvions très hétérogènes par leur épaisseur et leur nature. Il s'agit de colluvions argilo-sableuses, parfois marneuses, généralement peu caillouteuses, résultant en partie du remaniement des Marnes à Huîtres, du Calcaire de Brie, des Argiles Vertes, des Marnes supragypseuses. On peut y trouver des blocs ou même des morceaux de dalle de grès, dans des colluvions alors surtout sableuses. Ces colluvions argilo-sableuses ont des épaisseurs très variables de moins de 1 mètre à près de 10 m et recouvrent les formations en place citées précédemment ; celles-ci ont alors des caractéristiques mécaniques très amoindries par rapport à celles des formations sous recouvrement, parce qu'elles sont altérées, décomprimées, affectées de nombreuses fissures et sujettes à des circulations d'eau importantes. Par endroit on observe, reposant sur ces colluvions, des limons de pente qui peuvent être calcaires et ne dépassent guère 2 m d'épaisseur.

- Ces colluvions de bas de pente passent latéralement aux alluvions de fond de vallée. Il est difficile de placer une limite entre ces 2 types de formation, ici très semblables. Cependant, dans les cours moyen et intérieur de la Bièvre et de l'Yvette on observe souvent des alluvions dites récentes, argilo-limoneuses ou tourbeuses recouvrant des alluvions dites anciennes plus sableuses et présentant une charge caillouteuse importante.

R. SOYER a donné des descriptions détaillées de ces alluvions à l'occasion de creusements de puits pour recherche d'eau (cf. Fig. n° 26). Il signale ainsi 5,20 m d'alluvions (4 m d'alluvions modernes sur 1,20 m d'alluvions anciennes) à Saint-Rémy-Les-Chevreuse (Lieut dit Jaumeron), 5,90 m (5,50 m sur 0,40 m) à Gif-sur-Yvette, plus de 4,50 m

Fig. N°26 — ALLUVIONS DES COURS MOYEN ET INFERIEUR DE L'YVETTE

d'après R. SOYER (1956)

Saint-Rémy les Chevreuses (Jaumeron) Cote du sol : + 68 environ		Epaisseur	Profondeur
Terre végétale	Alluvions modernes.	0,40	0,40
Limon argileux		1,00	1,40
Sable gris fin		0,40	1,80
Sable gris foncé		0,40	2,20
Sable gris fin un peu tourbeux		0,40	2,60
Sable gris et tourbe		0,50	3,10
Sable gris plus gros et tourbe		0,50	3,60
Tourbe		0,40	4,00
Sable fin et cailloutis	Alluvions anciennes.	0,40	4,40
Sable, cailloutis et graviers de 5 cm		0,40	4,80
Sable grossier, graviers		0,40	5,20
Marnes à Huîtres			

Gif-sur-Yvette (face à l'Abbaye) Cote du sol : + 65,00		Epaisseur	Profondeur
Limon jaune	A.m.	0,50	0,50
Limon jaune plus clair		0,50	1,00
Limon gris argileux		0,50	1,50
Argile grise tourbeuse à débris végétaux		0,50	2,00
Argile sableuse gris foncé (avec mollusques)		0,50	2,50
Argile grise		0,50	3,00
Sable quartzeux très fin (avec mollusques)		1,00	4,00
Sable brun argileux		0,50	4,50
Sable argileux noir		0,90	5,40
Argile tourbeuse		0,10	5,50
Cailloutis, graviers et grès	A.a.	0,40	5,90
Marnes à Huîtres			

Bures-sur-Yvette (l'Ormaille) Cote du sol : + 59,00		Epaisseur	Profondeur
Terre végétale	A.m.	1,00	1,00
Sable gris jaunâtre		0,50	1,50
Sable gris fin		0,50	2,00
Sable argileux et gravier		1,00	3,00
Sable et gravier (3-4 cm) avec fossiles stampiens		1,50	4,50
Graviers et cailloutis remaniés	A.a.	1,00	5,50

(2,00 m sur plus de 2,50 m) à Bures-sur-Yvette, 4,88 m (3,85 m sur 1,03 m) à Villebon-sur-Yvette, 4,25 m (2,50 m sur 1,75 m) à Longjumeau, 4,58 m (2,33 m sur 2,25 m) à Savigny-sur-Orge).

Par ailleurs, en de nombreux endroits les fonds de vallée ont été remblayés par l'homme (et le sont de plus en plus actuellement). La topographie ne permet pas toujours de reconnaître ces zones.

II-223. Remarques sur les différentes situations des grès stampiens sur les versants

Les grès, sous forme de cailloux, de blocs ou de dalles plus ou moins fracturées se présentent sur les versants selon des situations variables en fonction d'une part de la direction de la ligne de points hauts grésifiée (ou en partie grésifiée) par rapport à la direction de la vallée, d'autre part du type de versant. On peut faire les remarques suivantes :

- Lorsque l'encaissement de la vallée est inférieur à 30 m nous n'avons jamais observé de grès participant à des colluvions ou se présentant en blocs isolés ou en chaos sur les versants. Sans doute les Sables de Fontainebleau sont-ils insuffisamment échancrés et les colluvions trop abondamment alimentées par les formations sus-jacentes pour que les grès aient pu être mobilisés lorsqu'ils existaient.

- C'est en effet à partir d'un encaissement supérieur à 30 m que, à plusieurs reprises, j'ai commencé à observer des cailloux de grès sur les versants (exposés au S-S.W)

puis des blocs et des morceaux de dalles (cf. Carte des Grès), enfin ces mêmes éléments en chaos surmontés par la dalle de grès en place au sommet du versant (c'est typiquement le cas du Ruisseau du Rouillon qui descend depuis Cernay la Ville, dans le Ru des Vaux de Cernay). Ces chaos peuvent localement accentuer la pente du versant mais d'une façon générale, seul le sable est responsable des fortes pentes de 30 % et supérieures (jusqu'à 50 %).

- Dans certains cas la dalle est débarrassée des terrains sus-jacents et l'on observe alors une platière, cette situation restant assez rare dans cette région, sauf exceptions (exemple : Lieu dit "Les Roches" X = 572,95 Y = 110,47 Commune de Cernay La Ville).

- Dans d'autres cas, la couverture est peu épaisse (1 ou 2 m) et la dalle a pu être exploitée en sommet de versant, d'une façon très artisanale, tout comme les meulières, en bordure de Plateau (exemple : au-dessus de la ablière du Bois de La Cranne, Commune de Plaisir).

Les éléments de dalle en chaos sur les versants ont intéressé les petits artisans ou les particuliers. On observe ainsi parfois sur les versants de petites cuvettes contenant encore un morceau de dalle incomplètement exploitée ou plus souvent un simple pierrier de cailloux de grès (exemple : Bois des Hautes Bruyères X = 567,42 Y = 117,15 Commune de Coignières).

- Dans bien d'autres cas la dalle de sommet de versant est surmontée d'une couverture assez épaisse (3 à 10 m) qui n'a pas découragé les exploitants. C'est la situation de la plupart des Carrières de grès en bordure de plateau (Carrières des Maréchaux, Commune de Senlisse, Carrière

de la Troche, Commune de Palaiseau).

- Lorsque la tête de versant a suffisamment reculé les blocs de grès éboulés n'apparaissent qu'à mi-pente ou en bas de pente. Ils sont souvent responsables alors de rupture de pente et de replats locaux (exemple : Le Rouillon de Valence X = 572,52 Y = 111,40 Commune de Dampierre).

Dans certains cas des chaos de grès semblent avoir empêché le versant de reculer et coiffent ainsi des formes qui méritent le nom d'"avant-buttes de versant" (exemple : La Butte Ronde, Vallée de l'Yvette, Commune du Mesnil Sevin). Cependant la présence de telles buttes ne signifie pas la présence de grès. On observe ainsi une butte identique et portant le même nom de lieu-dit (La Butte Ronde, Vallée de l'Yvette, commune de Levis St-Nom) non coiffée de grès au droit d'un chenal (entre 2 lignes de points hauts du toit des Sables de Fontainebleau avec en particulier, non loin de cette butte, la présence d'anciennes marnières en haut de versant où l'on peut voir encore un calcaire crayeux à petites et grandes Limnées). Sans doute faut-il attribuer une telle morphologie de versant à l'érosion régressive de 2 sources d'émergence de la nappe des Sables de Fontainebleau, et à la facilité d'écoulement ou boulance de ces sables fins.

- Les grès peuvent enfin apparaître en bas de versant sous forme de blocs ou de dalles très émoussées émergeant de colluvions sablo-limoneuse (exemple : La Roche Pointue Commune de Chevreuse X = 578,25, Y = 111,40, ou bien être enfouie dans les formations de fond de vallée et être alors responsables de rupture de pente dans le profil en long des cours d'eau (Cf. carte des Pentes et Bassins Versants) : c'est sans doute l'explication de la rupture

de pente sur le cours inférieur de la Mérantaise (Lieu-dit Les Roches, rupture de pente se situant au passage d'un axe grésifié (Cf. Lignes de crête et Carte des Grès) ; c'est sans doute aussi, comme on l'a dit, l'explication de la rupture de pente du Ru des Vaux de Cernay.

De tels grès de bas de versant ont été trouvés dans la Commune de Palaiseau et de Villebon à l'occasion de travaux de fondation ou sont à l'origine de nom de lieu dit tel "La Basse Roche" (Commune de Villebon).

CHAPITRE III

CONTRIBUTION A L'ETABLISSEMENT DE BASES POUR UN PLAN D'AMENAGEMENT

III-1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous rassemblons un certain nombre de données disponibles, utiles à l'établissement d'un plan d'aménagement, pour tenter d'en donner une synthèse dont l'expression sera concrétisée par la carte de zonage pour l'aménagement (hors texte). Les facteurs géologiques, hydrogéologiques et géomorphologiques dont l'analyse est développée dans les Chapitres I et II constituent la base de cette synthèse. Nous développons de plus, dans ce chapitre III, l'analyse des facteurs géotechniques. Nous y mentionnons aussi l'importance des données climatiques, de la valeur agricole des terres, de la couverture végétale, de l'existence de zones humides (étangs et marais), de la perception des paysages. Sans doute faudrait-il aussi analyser les problèmes de pollution. L'ensemble de ces derniers facteurs, dont l'analyse est peu développée car ils ne rentrent pas dans nos compétences, doivent être considérés avec sérieux par les aménageurs et urbanistes. Nous avons tenté de les faire intervenir dans la carte de zonage pour l'aménagement.

Nous proposons par ailleurs une méthodologie de prospection d'un site dans la phase qui suit l'établissement d'un plan préliminaire d'aménagement.

III-2. DONNEES GEOTECHNIQUES SUR LES PLATEAUX

II-21 - Caractéristiques géotechniques des limons et Problèmes de Génie Civil

Les dossiers d'étude ne faisant généralement pas de

distinction entre lehm, loess ou limon remanié, il est impossible, d'un point de vue statistique de distinguer ces 3 types de limon d'après leurs caractéristiques géotechniques. Seules quelques données ponctuelles les différencieront.

III-211. Caractéristiques géotechniques

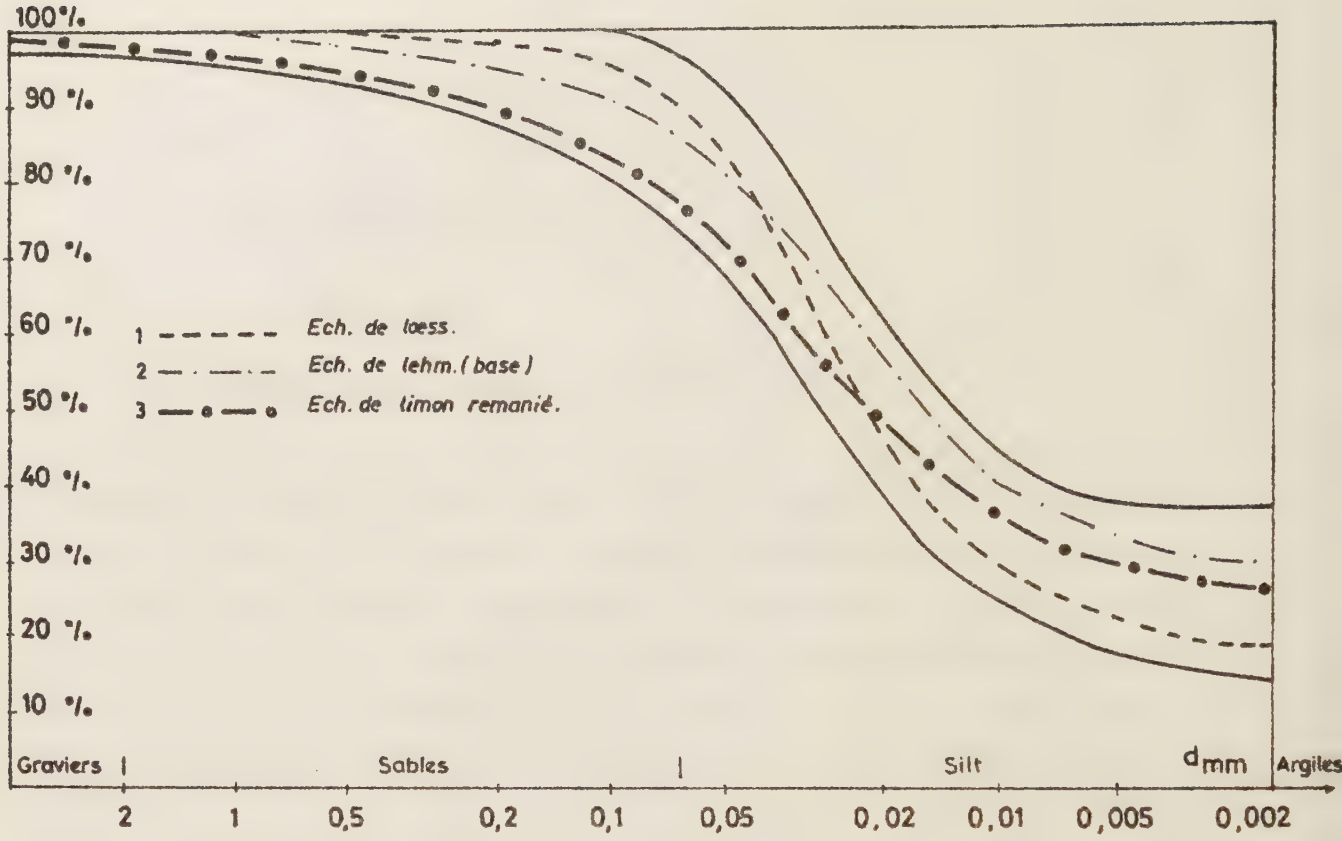
Granulométrie : La figure n° 27 donne un fuseau granulométrique représentatif d'une cinquantaine de courbes granulométriques. On y a placé la courbe d'un loess, d'un lehm et d'un limon remanié légèrement caillouteux. On peut faire les remarques suivantes : le fuseau est relativement étroit dans sa partie médiane ce qui correspond à un matériau homogène. L'élargissement vers les particules inférieures à 2 µ (15 % < (% < 2 µ) <37 %) est dû au caractère argileux du loessen général, encore accentué dans les lehms et dans certains limons remaniés. L'élargissement vers les grains de diamètre 100 µ et au-delà est dû surtout aux limons remaniés contenant souvent des éléments provenant des Sables de Lozère. Le développement de ces fractions sableuse et argileuse se fait évidemment aux dépens de la fraction silteuse.

Ces résultats ont été placés dans un diagramme triangulaire et situés par rapport à différentes familles de sols.

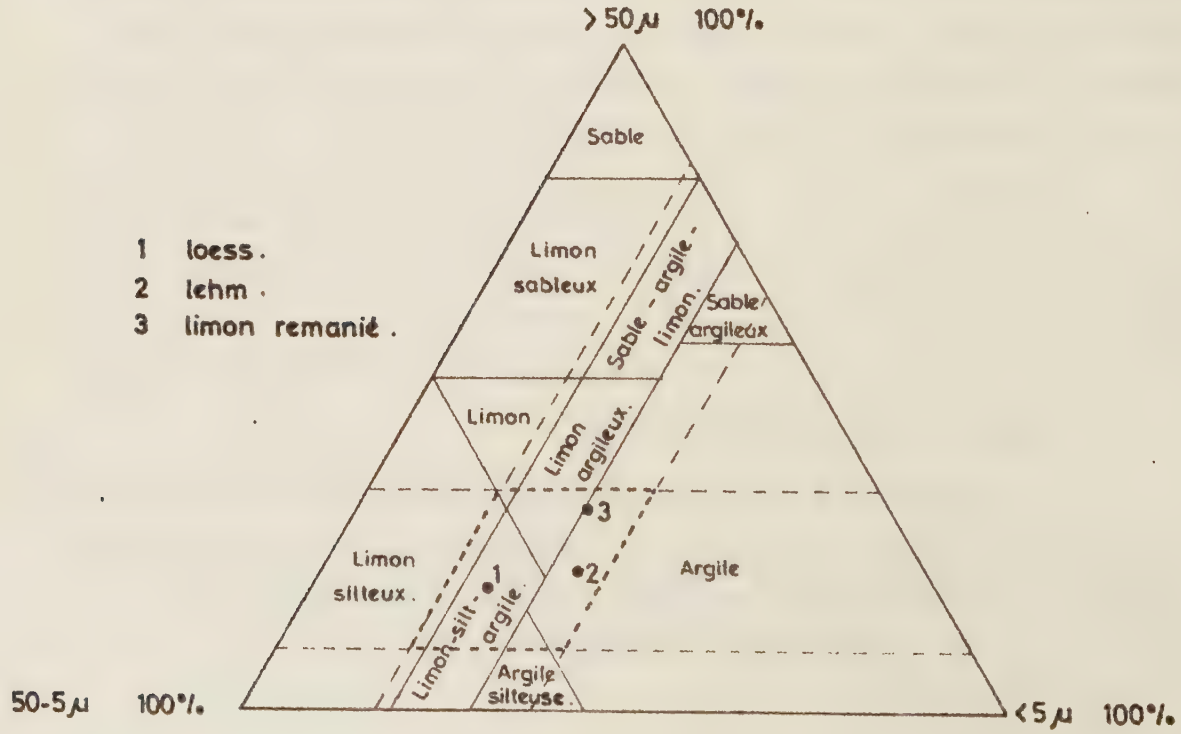
Composition minéralogique

Les principaux minéraux identifiés sur les diagrammes de Rayons X sont le quartz, la calcite (presque inexistante dans les lehms), des argiles (Illite, Montmorillonite et Kaolinite en proportions comparables).

Fig. N°27 Fuseau granulométrique des Limons.



Représentation triangulaire.(Diagramme de la Public Roads Admininistration.)



Porosité et Indice des vides : Les densités sèches γ_d s'échelonnent entre 1,54 et 1,74 g/cm3 (moyenne 1,64 g/cm^3), ce qui correspond à des indices des vides e de 0,75 à 0,55 (moyenne 0,65) et des porosités n de 43 % à 35 % (moyenne 39 %).

Teneur en Eau (Fig. N° 28). La teneur en eau varie de 14 à 25 % (moyenne 20 % sur 25 échantillons). Dans le premier mètre supérieur la teneur en eau dépend directement de la pluviométrie. Elle diminue généralement quand la profondeur augmente jusqu'à ce que l'on rencontre la frange capillaire et le toit de la nappe phréatique à partir duquel elle devient évidemment très forte (25 % et jusqu'à 28 %). En été, on mesure en général des teneurs en eau inférieures à 20 % (avec un degré de saturation Sr inférieur à 80 %), en hiver supérieures à 20 % (avec un degré de saturation Sr voisin de 100 %).

Plasticité (Limites d'Atterberg) : La mesure des limites d'Atterberg est très couramment réalisée sur les limons car elle permet d'apprécier comment évolue la consistance du limon en fonction de sa teneur en eau et de le classer dans une catégorie de sols ; on est ainsi conduit à classer la plus grande partie des limons dans la catégorie des argiles peu plastiques (Fig. n° 29). Sur le diagramme de Casagrande (donnant l'indice de plasticité Ip en fonction de la teneur en eau de liquidité W_L) nous avons porté tous les résultats disponibles (84) concernant les limons de la région. On obtient une bonne corrélation $I_p = 0,87\ W_L - 17$) avec r = 0,92 et un intervalle de confiance à 95 % assez étroit ($0,89 < r < 0,95$), avec des valeurs moyennes: $\overline{W}_L = 37,5$ %, $\overline{I}_p = 17,8$ %.

Il faut remarquer que la plage des valeurs de W_L

Fig. N°28 TENEUR EN EAU DES LIMONS ET PROFONDEUR.

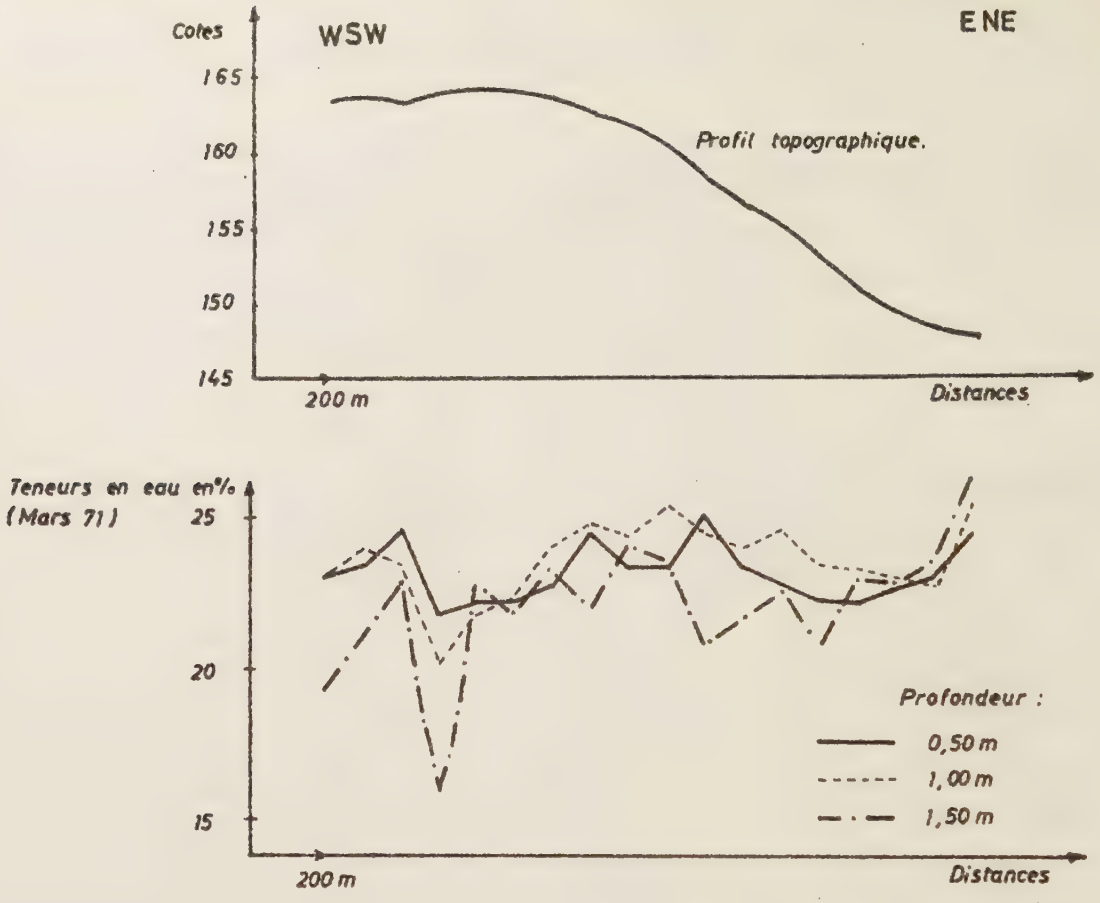
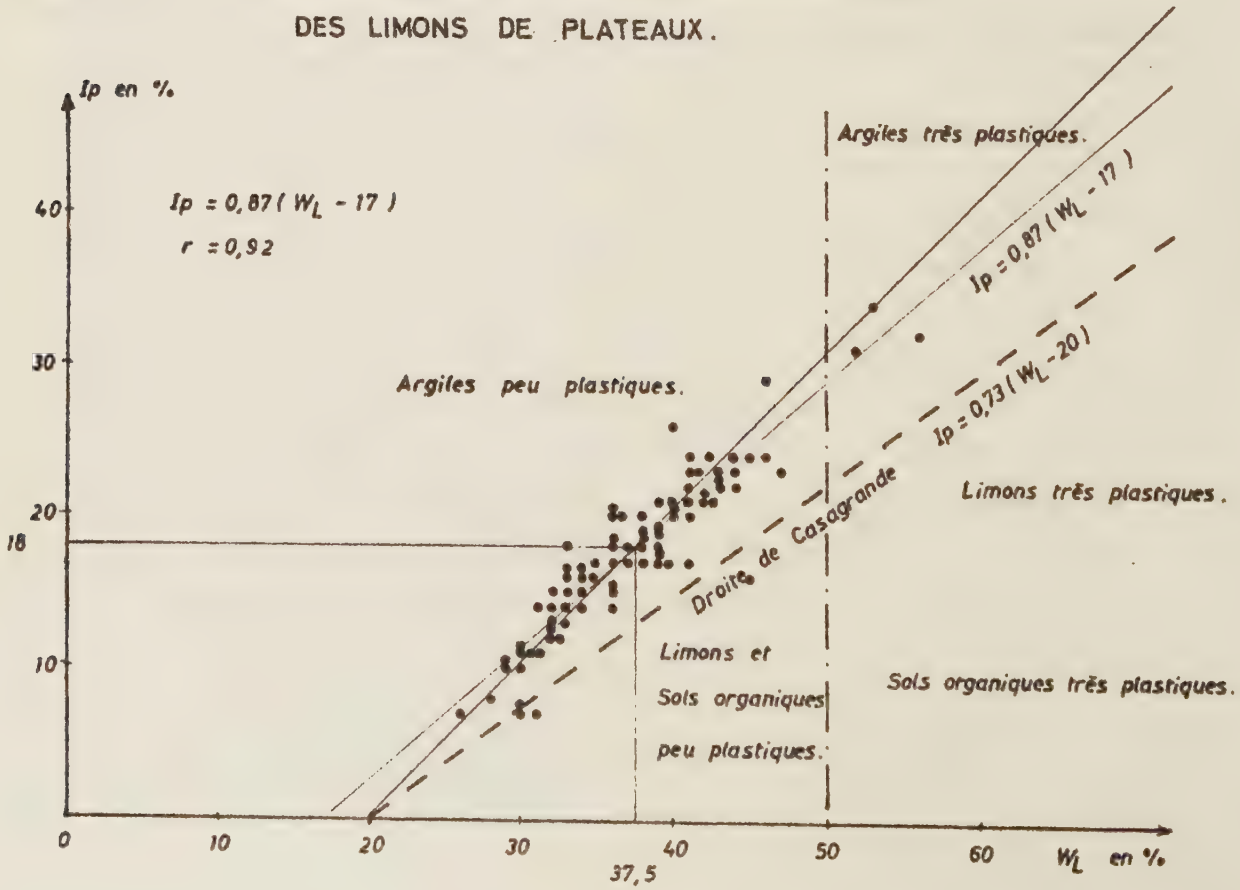


Fig. N°29 DIAGRAMME DE CASAGRANDE (Relations W_L-Ip)
DES LIMONS DE PLATEAUX.



et de I_p est étendue ($26 < W_L < 56$; $7 < I_p < 34$) et que certaines de ces valeurs sont fortes : sans doute faut-il voir là l'influence du caractère argileux de ces limons (parfois (% < 2 µ) > 30 %) qui fait d'ailleurs que certains d'entre eux sont classés dans la catégorie des argiles très plastiques.

Le coefficient d'activité, défini par le rapport de l'indice de plasticité du matériau sur le pourcentage d'argile (% < 2 µ) permet d'apprécier l'influence de la minéralogie des argiles sur la plasticité du matériau. Ce rapport est égal en moyenne à 0,70 (sur 15 échantillons) ce qui situe les limons d'après la classification de SKEMPTON dans les catégories des sols inactifs.

Aptitude du limon à s'effondrer : A partir des données précédentes on peut tenter d'approcher l'aptitude du loess à s'effondrer, c.à.d. à tasser brusquement par modification brutale de la structure sous l'effet de pluies abondantes.

Selon le critère de Féda, un loess est susceptible de s'effondrer quand le coefficient

$$K_L = \frac{W_o/S_r - W_p}{I_p}$$ est supérieur à 0,85 avec

Wo teneur en eau naturelle
S_r degré de saturation
Wp Limite de plasticité
Ip Indice de plasticité.

En se plaçant dans les conditions les plus mauvaises on trouve que ce coefficient peut dépasser la valeur 1. Cependant dans les conditions habituelles (par exemple : Wo = 22 %, Wp = 17 %, Ip = 15 %, S_r = 0,90) on obtient

K = 0,50 ce qui est très faible. Il faut donc noter que les risques d'effondrement sont minimes. Par ailleurs ces risques d'effondrement intéressent surtout des limons éoliens, à structure très aérée et qui n'ont jamais été saturés d'eau. Or on peut dire que sur tout le plateau de Trappes Palaiseau comme de Limours, les limons ont presque tous été saturés. Certaines zones le sont encore périodiquement chaque hiver, la nappe phréatique affleurant en certaines zones basses. Actuellement, cette nappe que porte la plus grande partie des terres ne s'élève guère à moins de 1 m de profondeur grâce au drainage des terres par drains en poterie enfouis dans le sol.

Perméabilité : Les rares essais de perméabilité réalisés dans les limons (essai in situ type Lefranc à niveau variable) donnent des valeurs comprises entre 10^{-7} et 10^{-8} m/s.Il s'agit de perméabilités horizontales qui classent les limons dans les sols peu perméables.

Caractéristiques mécaniques. Il serait fastidieux de passer en revue les différents essais de laboratoire et in situ réalisés pour apprécier la résistance ou la compressibilité des limons. Cependant, de l'étude de différents dossiers les conclusions suivantes apparaissent.

- Les essais de compression simple donnent des résistances à la compression Rc très variables, de 0,8 à 3,5 bars, en fonction de la teneur en eau W. Nous n'avons pas pu mettre en évidence de bonne corrélation entre Rc et W (R_c = 0,24 (W + 32,1) avec un coefficient de corrélation r = 0,58 sur 19 échantillons et un intervalle de confiance très large 0,16 < r < 0,82). Il apparaît cependant que R_c diminue quand la teneur en eau augmente (la consistance du limon diminue en effet) (Fig. n° 30).

Fig. N°30 Résistance à la compression simple des limons en fonction de la teneur en eau W.

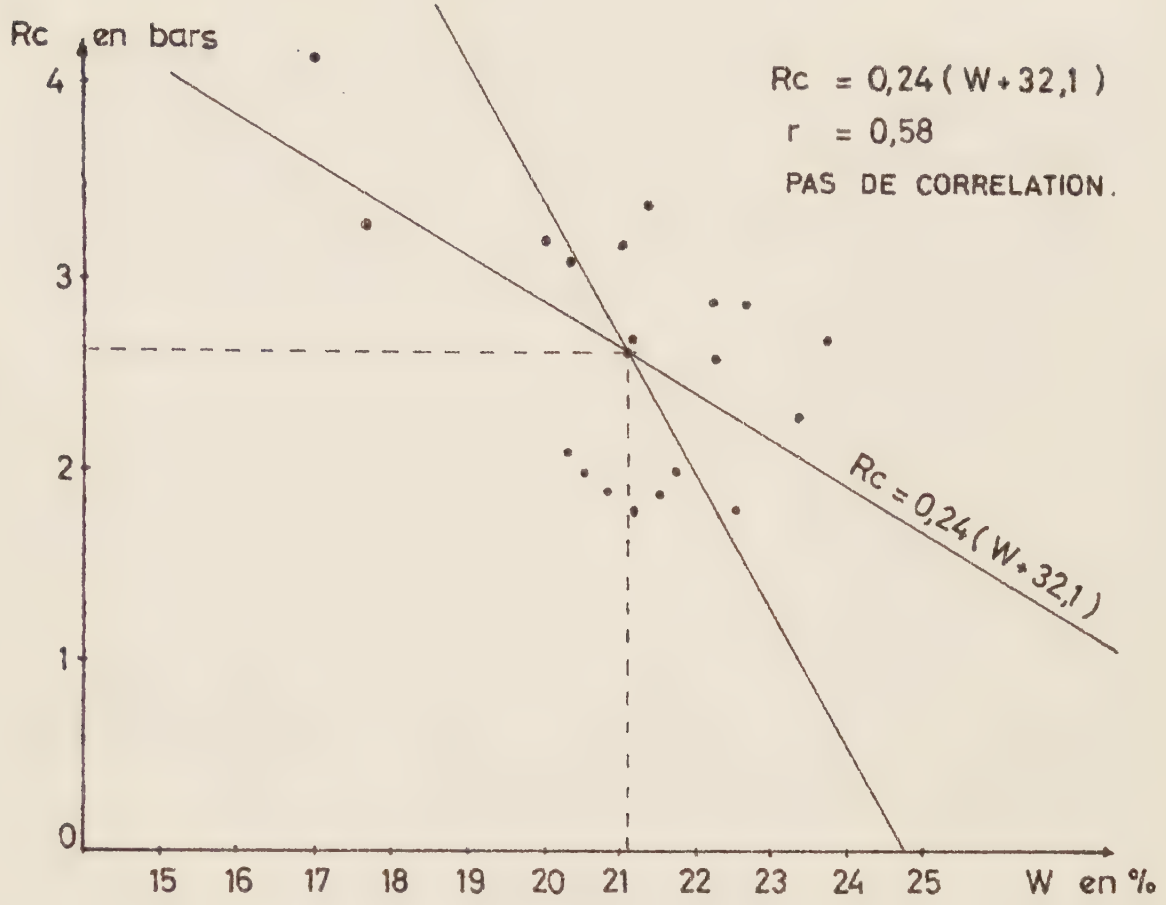
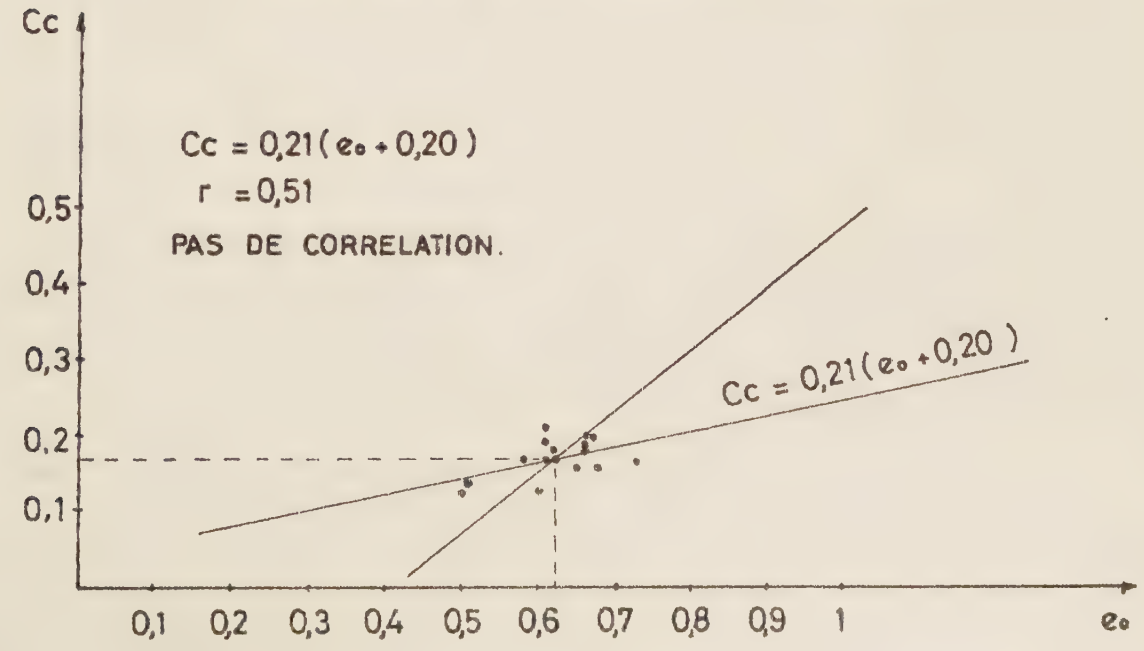


Fig. N°31 Coefficient de compressibilité des limons en fonction de l'indice des vides initial e_o dans l'essai oedométrique.



- Les essais à l'oedomètre donnent des coefficients de compressibilité C_c variant de 0,13 à 0,21 pour des indices des vides initiaux e_o variant de 0,50 à 0,73. Nous n'avons pas pu mettre en évidence ici non plus de bonne corrélation entre C_c et e_o ($Cc = 0,21 (e_o + 0,20)$ avec un coefficient de corrélation $r = 0,51$ sur 16 échantillons et un intervalle de confiance très large, incluant la valeur 0 $- 0,01 < r < 0,81$).

Il apparaît cependant que le coefficient de compressibilité augmente quand l'indice des vides augmente (Fig. n° 31).

D'une façon générale les limons sont des sols compressibles, les pressions de préconsolidation mesurées à l'oedomètre pouvant être inférieures à 1 bar.

III-212 Problèmes de Génie Civil

III-2121 - Aptitude des limons aux fondations.

Il apparaît que le taux de travail admissible dans les limons varie entre 1 et 6 bars à 1 m de profondeur pour un coefficient de sécurité de 3. Plus la teneur en eau est faible, plus le taux de travail est fort.
Il faut donc considérer les résultats obtenus en été avec prudence à cause de la grande variabilité des teneurs en eau de ces sols avec les saisons, et se placer toujours dans les conditions les plus défavorables. Il est ainsi rare que l'on puisse demander à un limon de travailler à un taux de travail supérieur à 3 bars.

Par ailleurs, pour toute fondation importante dans

les limons, il est prudent de prévoir un réseau de drainage empêchant l'eau de s'infiltrer le long des fondations et sous elles pour éviter ainsi que les caractéristiques mécaniques du limon s'amoindrissent et que les risques de tassement différentiel augmentent.

Bien souvent, il est préférable, quand le limon n'est pas trop épais et que les conditions hydrogéologiques le permettent, de prendre appui sur les formations sous-jacentes.

Dans tous les cas il faut réaliser rapidement un béton de propreté en fond de fouille. Les parois de fouille pourront tenir à la verticale sans etayage à condition que les pluies ne soient pas trop abondantes et que la nappe phréatique n'affleure pas.

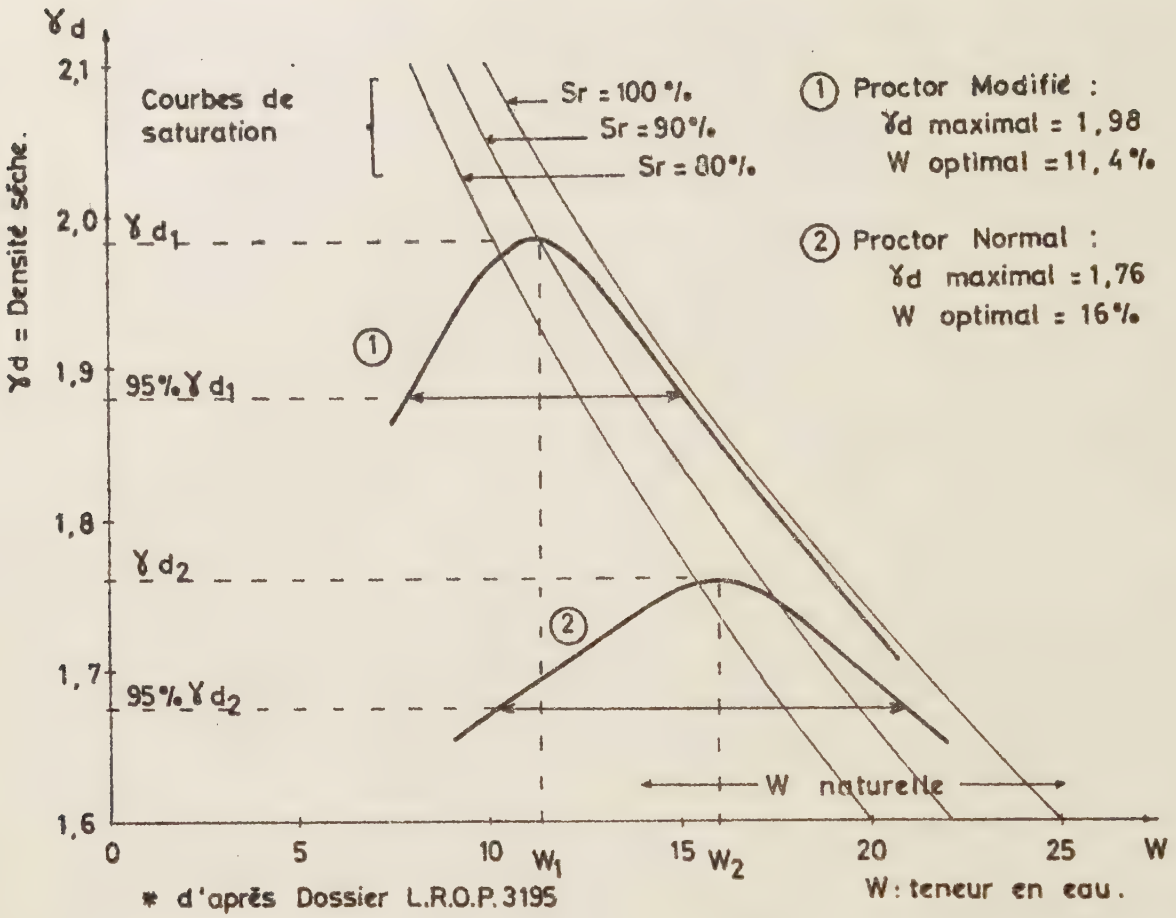
III-2122. Terrassement et Réutilisation des limons

Le terrassement des limons en déblai se fait très facilement durant les périodes sèches. En période de pluies abondantes il existe d'importantes difficultés de circulation des engins de terrassement, du fait d'une trop forte teneur en eau des limons et de leur caractère argileux.

Ces limons ne peuvent être utilisés en remblai compacté que si leurs caractéristiques géotechniques relatives au compactage le permettent. Celles-ci sont mesurées par des essais de compactage : les essais Proctor.

Nous avons donné dans les fig. n° 32 et n° 33 des résultats obtenus dans 2 bureaux d'étude. Ils nous semblent

Fig. N°32 Compactage Proctor des Limons. *



* d'après Dossier L.R.O.P. 3195

Fig. N°33 Résultats de compactage Proctor des Limons. *

Limon prélevé à une profondeur égale à	W_L	Ip	Essai Proctor Normal		Plage des teneurs en eau assurant 95 % de γd_2
			γd_2	W_2	
1,00	41	17	1,68	18 %	13 à 23 %
1,50	47	23	1,72	18 %	14 à 20 %

* d'après Dossier Aéroport de Paris N° 68.66

à peu près représentatifs de l'ensemble des limons de la région. Les conclusions suivantes apparaissent.

- Dans l'intervalle des teneurs en eau naturelles, il est impossible d'obtenir γd_1 (la densité sèche maximum) dans l'Essai Proctor Modifié correspondant à une forte énergie de compactage).

- Par contre il est possible d'obtenir $\gamma d 2$ (la densité sèche maximum dans l'essai Proctor Normal correspondant à une plus faible énergie de compactage). La teneur en eau optimum Proctor correspondant à cette densité sèche maximale $\gamma d2$ est en effet comprise entre 16 et 18 %, valeurs se situant dans la plage des teneurs en eau naturelles.

- Cependant si l'on considère que le compactage qui devra être réalisé sur le terrain doit donner au moins une densité sèche égale à 95 % de $\gamma d 2$, comme il est souvent spécifié dans les Cahiers des Charges, on observe alors que les teneurs en eau qui y répondent ne doivent pas dépasser 23 % et même 20 % pour un limon très argileux. La conclusion est donc que cet optimum Proctor ne peut être obtenu qu'en saison sèche, quand la teneur en eau naturelle est généralement inférieure à 20 %.

On détermine également la portance d'un limon compacté grâce à l'essai C B R qui donne l'indice C B R. Des abaques permettent par exemple de trouver l'épaisseur des chaussées à réaliser sur un limon compacté, en fonction des charges à supporter et de cet indice. Il est prudent de réaliser ces essais C B R à saturation (après imbibition de 4 jours) pour tenir compte du fait que périodiquement la plupart des limons sont saturés en eau. Dans ces condi-

tions on obtient des indices C B R faibles, dépassant rarement la valeur 5. Il serait possible d'améliorer ces caractéristiques par différents traitements (tel le traitement à la chaux).

Dans certains cas on peut considérer que le limon ne sera jamais saturé : il s'agit généralement de limons des zones topographiques les plus hautes (correspondant à des lignes de crête). Dans ces conditions il est justifié de réaliser l'essai CBR à teneur en eau naturelle : l'indice C B R obtenu est alors souvent supérieur à 10 (il diminue quand la teneur en eau augmente) ce qui indique une portance convenable dans ces conditions.

III-22. Caractéristiques géotechniques des Sables de Lozère et problèmes de Génie Civil

III-221. Caractéristiques géotechniques

- Granulométrie. Cette formation est très hétérogène du point de vue granulométrique puisque l'on peut passer en quelques mètres de sables grossiers à faible pourcentage d'argile à des argiles à peine sableuses. Dans une même poche de sable, on obtient, suivant le niveau d'échantillonnage, des courbes granulométriques très variées, souvent discontinues (Fig. n° 34). L'importance de la fraction argileuse commande ainsi la plupart des caractéristiques et des propriétés du matériau, tantôt sol pulvérulent, tantôt sol cohérent.

Nous avons pu cependant rassembler sur 2 diagrammes des essais de plasticité et des essais oedométriques.

Fig.N°34 COURBE GRANULOMETRIQUE DE 5 ECHANTILLONS DE SABLES DE LOZERE PRELEVES DANS UNE MEME POCHE.

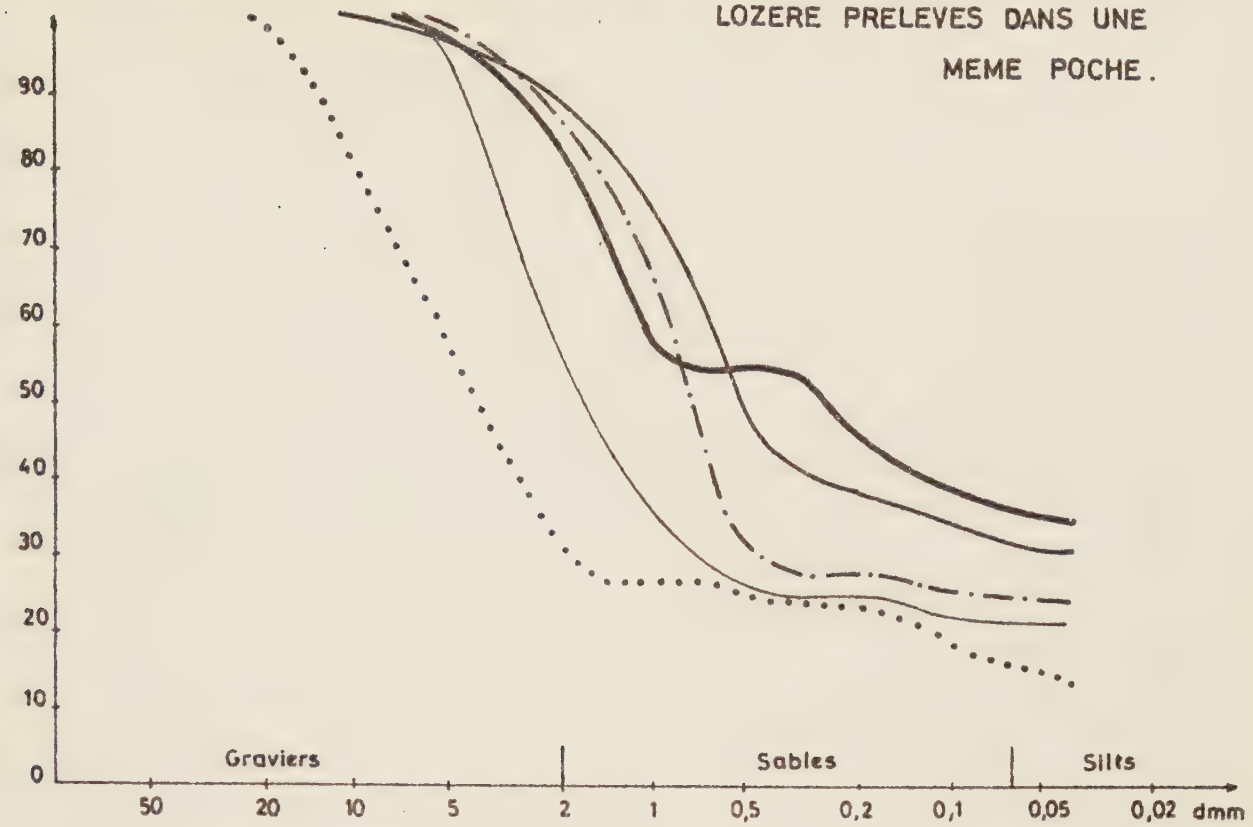


Fig. N°35 DIAGRAMME DE CASAGRANDE DES SABLES DE LOZERE.

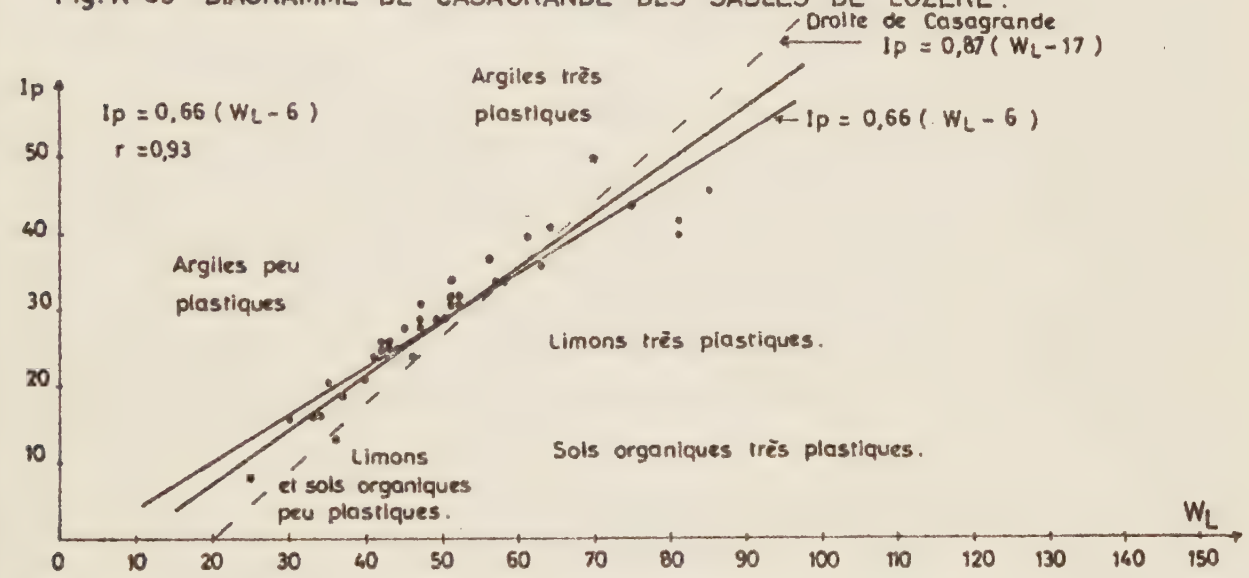
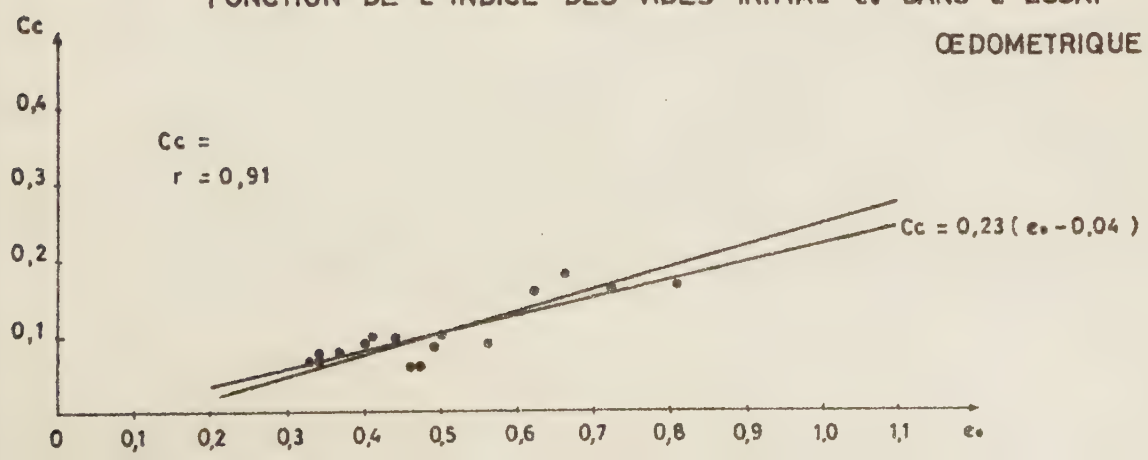


Fig. N°36 COEFFICIENT DE COMPRESSIBILITE DES SABLES DE LOZERE EN FONCTION DE L'INDICE DES VIDES INITIAL e_o DANS L'ESSAI OEDOMETRIQUE.



- Plasticité (Limite d'Atterberg). Cet essai, réalisé sur la fraction inférieure à 420 µ ne rend compte que du comportement de la fraction la plus fine du matériau. Il place celui-ci dans la catégorie des argiles de plasticité moyenne (Fig. n° 35). Nous avons obtenu une bonne corrélation entre l'indice de plasticité Ip et la teneur en eau de liquidité W_L : Ip = 0,66 (W_L - 6) sur 37 échantillons avec r = 0,93 et un intervalle de confiance à 95 % étroit : 0,86 <r <0,97 et pour valeurs moyennes $\overline{Ip}$ = 29 %, $\overline{W_L}$ = 50 %. Le coefficient d'activité très variable peut parfois atteindre des valeurs supérieures à 1,25 ce qui dans ce cas classe le matériau dans les sols actifs.

- Compressibilité : Les essais à l'oedomètre donnent une bonne corrélation entre le coefficient de compressibilité C_c et l'indice des vides initial e_o; Cc = 0,23 (e_o - 0,04) sur 17 échantillons avec r = 0,91. L'intervalle de confiance à 95 % donne 0,76 < r < 0,97, les valeurs moyennes sont : $\overline{C_c}$ = 0,11, $\overline{e_o}$ = 0,52 (Fig. n° 36). Il s'agit donc d'un sol assez compressible et d'autant plus qu'il peut présenter des pressions de préconsolidation très faibles (Certains essais donnent des pressions inférieures à 1 bar).

III-222. Problèmes de Génie Civil

- Aptitude aux fondations : Les calculs montrent que les taux de travail admissibles avec un coefficient de sécurité de 3, varient de 2 à 7 bars à 1 m de profondeur, et de 5 à 12 bars à 3 m de profondeur. Cette dispersion importante est la conséquence des pourcentages argileux et des teneurs en eau très variables. Lorsque la fraction sableuse est bien développée il s'agit d'un bon sol de fondation. Il est cependant nécessaire de tenir compte

des tassements différentiels toujours possibles si l'épaisseur ou la nature de la formation varie à l'intérieur même du volume de sol intéressé par la fondation (ce qui est assez courant).

- Terrassement et réutilisation : l'aptitude aux terrassements, elle aussi, est conditionnée par le pourcentage argileux et la teneur en eau. C'est un excellent matériau pour remblai lorsqu'il n'est pas trop argileux. Dans ce cas il est nécessaire d'en bien identifier le gisement (nature et géométrie) pour l'exploiter au mieux.

III-23. Caractéristiques géotechniques de la formation de Beauce et problèmes de génie civil

Dans la phase d'urbanisation en cours, cette formation est concernée par la plupart des opérations de génie civil (fondations et terrassements). Nous apportons des données synthétiques sur les "Argiles à meulière " (argiles à meulière celluleuse, meulières compactes) et sur les "Marnes de Trappes" (argiles brunes, calcaire crayeux, parfois compact, localement silicifié).

III-231. Les Argiles à meulière

III.2311. Introduction

Cette formation pose au géotechnicien 2 types de problèmes. D'une part, les moyens de reconnaissance et d'étude classique (sondages mécaniques, essais in situ...) donnent des résultats peu représentatifs à cause de sa grande hétérogénéité. Celle-ci concerne la nature du matériau (niveaux à pourcentage rocheux très variable, augmentant généralement avec la profondeur, variations

latérales importantes dans un même niveau, contamination des zones les moins meuliérisées par les Sables de Lozère). Elle concerne aussi l'état du matériau (degré de saturation très variable, inégales pressions de préconsolidation), ainsi que les circulations d'eau (cheminements privilégiés, accumulation dans les zones à pourcentage rocheux important).

D'autre part, d'un point de vue théorique, la mécanique des sols n'est pas apte à donner avec précision la répartition des contraintes dans un sol d'une telle hétérogénéité. Les essais de laboratoire sont faits le plus souvent sur des échantillons d'argile sans blocs ni cailloux. Les résultats obtenus sont ainsi pessimistes dans certains cas (tassements absolus), optimistes dans d'autres (tassements différentiels). On lève la difficulté en introduisant dans les calculs plusieurs coefficients de sécurité. De plus, les bureaux d'étude font appel à leur "expérience" (travaux antérieurs dans cette formation, conditions de chantier rencontrées, bonne ou mauvaise tenue des ouvrages réalisés) pour contrôler les résultats de leurs calculs.

III-2312 : Estimation du pourcentage rocheux

L'hétérogénéité de ces argiles à meulière est commandée en grande partie par le pourcentage rocheux et la taille des blocs de meulière. Ces 2 caractéristiques conditionnentten particulier tous les travaux de terrassement (déblais pour voirie, fouilles de chantier, tunnels pour collecteurs d'eaux pluviales et usées). Nous rappelons ici les résultats obtenus récemment par J. PREVOT (Les Meulières du Sud de la Région parisienne - Thèse -

FORMATIONS	NIVEAUX ARGILEUX PAR COULEURS	POURCENTAGE ROCHEUX (P.R.)	TYPES "GOETECHNICO-VISUELS" DOMINANTS DES MEULIERES	FACIES GEOTECHNIQUES	ASSOCIATIONS ARGILEUSES	FORMULES DE CALCUL	
						DU POURCENTAGE ROCHEUX (P.R.)	DE LA SECTION DES BLOCS (S)
Sommet	Argiles grises et jaunes (essentiellement jaunes)	≃ 0			M_F, K_F, I_f		
	Argiles grises et rouges	10<P.R.<30	M. Celluleuses vacuolaires	G.B., P.B.	K_F, M_F, I_f	$P.R. = 6.10^{-1} K_o$ fig N°30	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N°36
	Argiles grises et jaunes	20<P.R.<40	M. Celluleuses à gros pores	G.B., P.B.	K_F, M_F, I_f	$P.R. = 6.10^{-1} K_o$ fig N°30	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N°36
	Argiles grises	30<P.R.<70	M. Celluleuses à petits pores et compactes	G.B., D.	K_F, M_F, I_f	$P.R. = 6.10^{-1} K_o$ fig N°30	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N°36
BEAUCE	Argiles verte-foncé	≃ 0			K_F, I_F, M_f		
	Argiles vertes	0<P.R.<20	M. Celluleuses à petits pores	P.G., D.	M_F, K_f, I_f	Correlation très mauvaise	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N° 36
	Argiles jaune -pâle	10<P.R.<40	M. Celluleuses à petits pores et compactes	P.B., D.	$M_{T.F.}$	Correlation très mauvaise	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N°36
	Argiles brun violacé	0<P.R.<5	Meulières compactes fossilifères	D.	Sp_{TF}, K_M, M_f	NON ETUDIEES (trop peu de fouilles)	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N°36
	Argiles vertes, ocres et rouges	≃ 0			M_F, K_M, I_F		
Base	Argiles brunes et jaune brun	40<P.R.<100	Meulières compactes fossilifères	D., B.	M_F, K_F, I_F	NON ETUDIEES (trop peu de fouilles)	$S = 2,2.10^{-4} R^2 + 5.10^{-2}$ fig N° 36

Remarque : Chaque niveau défini par sa couleur peut être localement absent. Chaque couche de terrain est en général très perturbée dans son orientation, qui peut varier entre l'horizontalité et la verticalité

$$P.R.\ \% = 100\ \frac{P > 10\ mm}{P\ total}$$

$S_{(m2)}$ = Surface apparente des blocs en parements de fouilles

$$K_o = \frac{100}{P_{D-10mm}^{P_{0-2\mu}}} \times \frac{K}{K+I+M}$$

$$R^2 = \left(100\ \frac{Silice)16\mu}{Silice\ totale}\right)^2$$

G.B. = Gros blocs
D. = Dalles
P.B. = Petits blocs
P. = Plaquettes
N. = Nodules
B. = Bancs

hauteurs de pics en diffractométrie de rayons X:
K = Kaolinite
M = Montmorillonite + interstratifiés
I = Illite
Sp = Sépiolite

Intensité relative des pics:
T F = Très forte
F = Forte
M = Moyenne
f = Faible

TABLEAU N°4 : Diagramme synthétique donnant la plupart des caractéristiques des principales formations meulièrisées étudiées.*

* d'après J. PREVOT . 1975

1975) dont le champ d'investigation géographique a recouvert notre zone d'étude. Après avoir observé que la couleur des argiles à meulière obéissait à un principe de superposition et avoir défini plusieurs types "géotechnico-visuels" de meulières, J. [illegible] a mis en évidence des liaisons existant entre la coloration des gangues argileuses d'une part et la fréquence relative des divers types de meulières et leur pourcentage rocheux d'autre part (Tableau n° 4). Les notions de taille des blocs et de pourcentage rocheux ont de plus été précisées par des méthodes d'étude originales des carottes de sondage. Une corrélation a ainsi été établie entre la taille des blocs rocheux et le pourcentage de gros cristaux de quartz ($> 16\ \mu$) existant dans la phase siliceuse totale. Par ailleurs, des corrélations entre le pourcentage rocheux et le pourcentage de kaolinite des gangues argileuses (fraction < à 10 mm) ont été mises en évidence pour les niveaux meuliérisés supérieurs (les plus importants, représentant près de 90 % en volume des argiles à meulière) (Tableau n° 4).

III-2313. Apport de la méthode sismique

Dans un autre ordre d'idée, nous avons utilisé, avec J. PREVOT , la sismique-réfraction dans le but d'améliorer l'extrapolation entre des sondages mécaniques.

. Principe de la méthode : la sismique réfraction (sismique marteau) est basée sur la variation d'une caractéristique physique des sols : leur vitesse de transmission des ondes de déformation ou ondes élastiques (et plus particulièrement des ondes longitudinales). Cette vitesse varie suivant la texture des sols ou roches, suivant l'état d'altération ou de fissuration, suivant la profondeur (pour une même

roche, elle augmente avec la profondeur). Pour donner des ordres de grandeur, on peut dire que la vitesse de transmission de ces ondes, par l'air est de 330 m/s, par les couches de surface (zones d'altérations) : 200 à 600 m/s, par des alluvions sèches: 600 à 1200 m/s, par des calcaires compacts 3000 à 5000 m/s, par des quartzites ou des granites non altérés : 4000 à 6000 m/s.

On mesure cette vitesse en provoquant un ébranlement sur le sol (le choc d'une masse sur une plaque métallique). Le temps mis par l'onde provoquée pour atteindre des géophones (après réfraction sur les différents terrains en profondeur) varie en fonction de la nature et de la disposition de ces terrains (On augmente la profondeur d'investigation en allongeant le dispositif de mesure). Les géophones transforment l'impulsion mécanique due au passage de l'onde en impulsion électrique qui est utilisée par le sismomètre pour arrêter la marche d'un compteur de temps. On trace ensuite des courbes temps-distance ou dromochroniques (Fig. n° 37).

. Appareil utilisé : Il s'agit du Bison Model 1570 B composé d'un appareil enregistreur (sismomètre), de 2 géophones, d'une masse avec contact électrique et d'une plaque métallique. Après de nombreux essais, nous avons adopté une longueur de ligne de 30 ou 40 m entre les 2 géophones et des espacements de mesure de 1 m. Ces conditions de travail dépendent à la fois de l'appareil utilisé et des types de terrain rencontrés.

. Résultats obtenus : Cette méthode a été mise en oeuvre sur plusieurs sites avec des résultats variables suivant les cas mais que l'on peut considérer comme encourageants. On peut tirer les conclusions suivantes.

1) D'un point de vue théorique, la méthode présente la limite suivante. On ne peut détecter les différents terrains que si leurs vitesses vont en croissant avec la profondeur. (dans le cas contraire la réfraction totale ne se produit pas sur les interfaces. De ce fait on ne peut pas espérer déterminer l'épaisseur du dernier niveau d'argile à meulière si celui-ci repose sur les "Marnes de Trappes" ou sur les Sables de Fontainebleau non grésifiés. La restriction est levée si cette dernière formation contient à son sommet un banc de grès. Encore faut-il que la longueur de ligne soit suffisante pour atteindre ce niveau. Avec les conditions de travail définies ci-dessus nous sommes rarement en mesure de déterminer l'épaisseur du dernier niveau d'argile à meulières reposant sur des sables grésifiés. Dans le cas de Gomberville (Fig. n° 38) l'interprétation de la dernière partie de la dromochronique (V_4 = 3750 m/s attribuée aux grès) apparaît cependant comme la plus probable (sondage mécanique proche, renseignement oral sur la présence de grès).

2) A partir des essais réalisés, et en les comparant avec les quelques coupes de sondages dont nous disposions, nous avons adopté les valeurs suivantes comme vitesses limites des différents terrains :

- Mort-terrain, terre végétale, Limon : $V < 400$ m/s
- Sables et argiles de Lozère $400 \text{ m/s} < V < 900$ m/s
- Meulière en blocs dans argile $800 \text{ m/s} < V < 1500$ m/s
- Meulière massive $1500 \text{ m/s} < V < 2600$ m/s
- Grès $V > 2600$ m/s.

La plus grande partie de nos mesures a été réalisée sur le site de Bois Robert et nous comptions sur une ouverture rapide des fouilles, qui n'a malheureusement pas eu lieu à l'époque prévue, pour vérifier ces résultats

Fig. N°37 DROMOCHRONIQUE D_1 OBTENUE A BOIS ROBERT.

(voir Tableau N°)

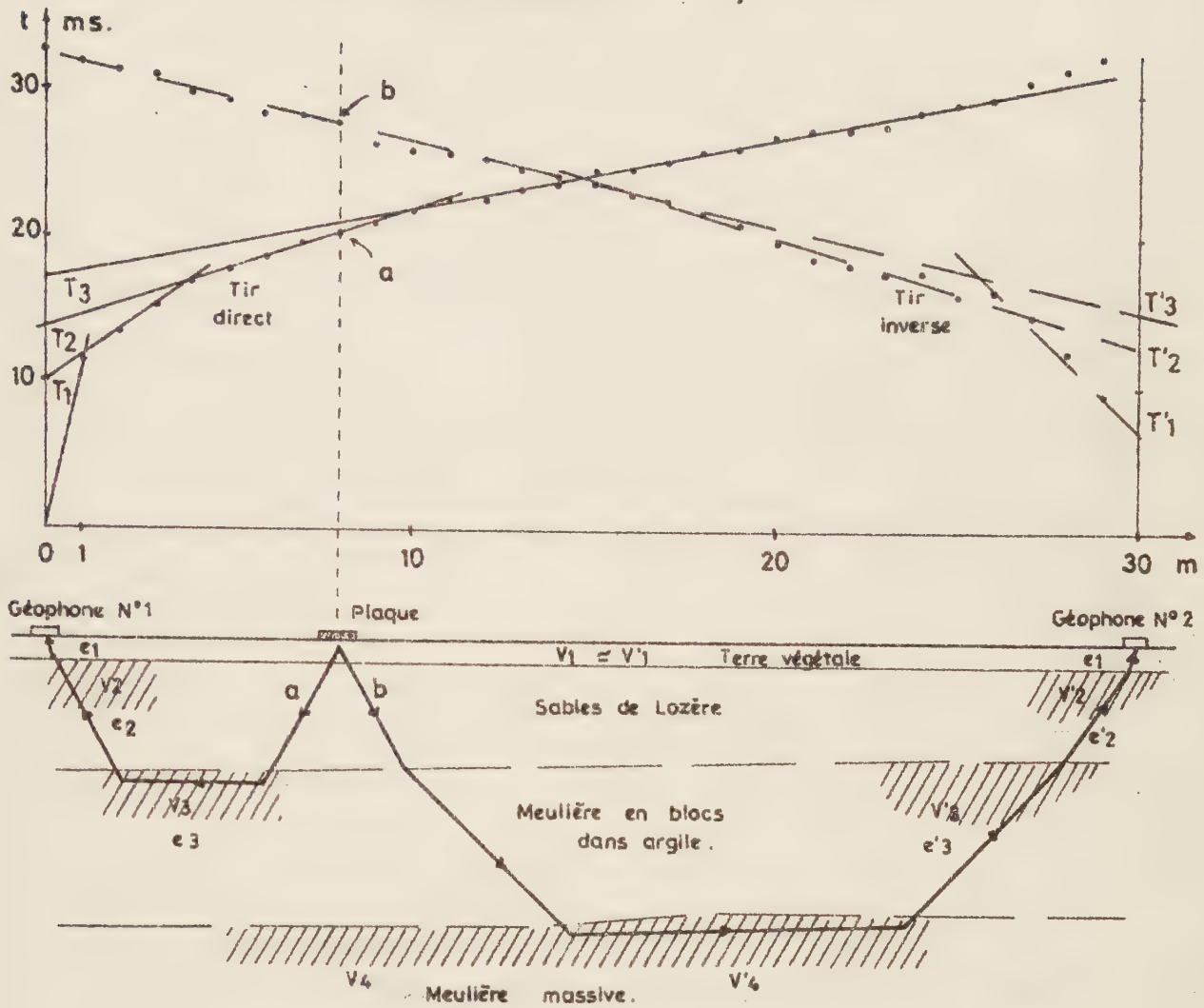


Fig. N°38 DROMOCHRONIQUE OBTENUE A GOMBERVILLE.

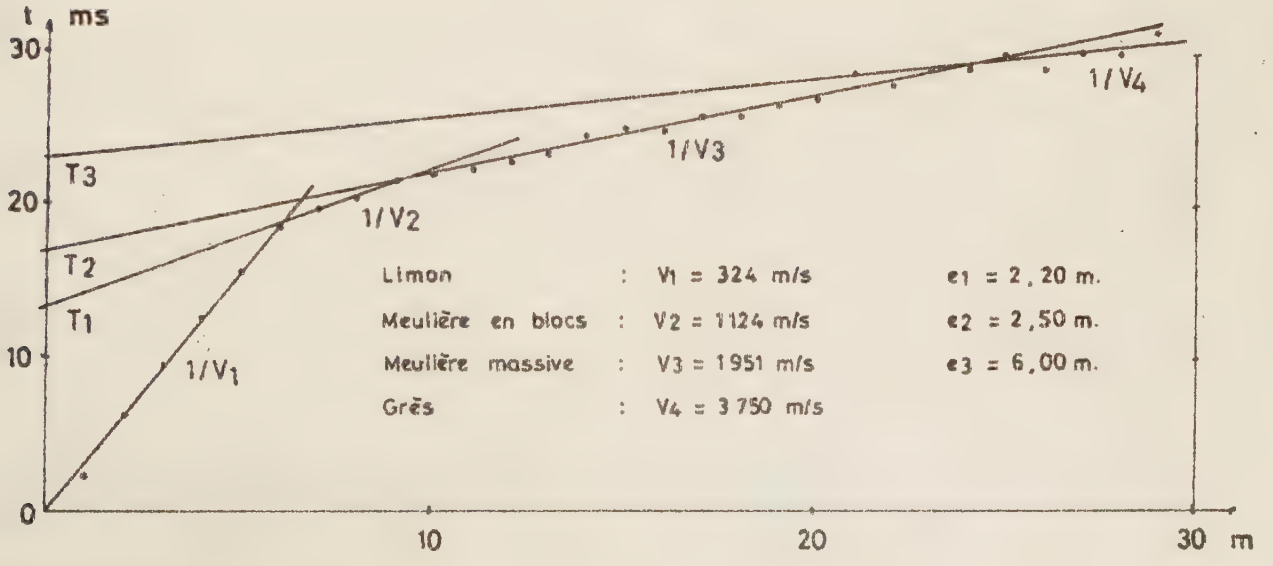


Fig. N°39 DROMOCHRONIQUE D_2 OBTENUE A BOIS ROBERT.

(voir tableau N°5)

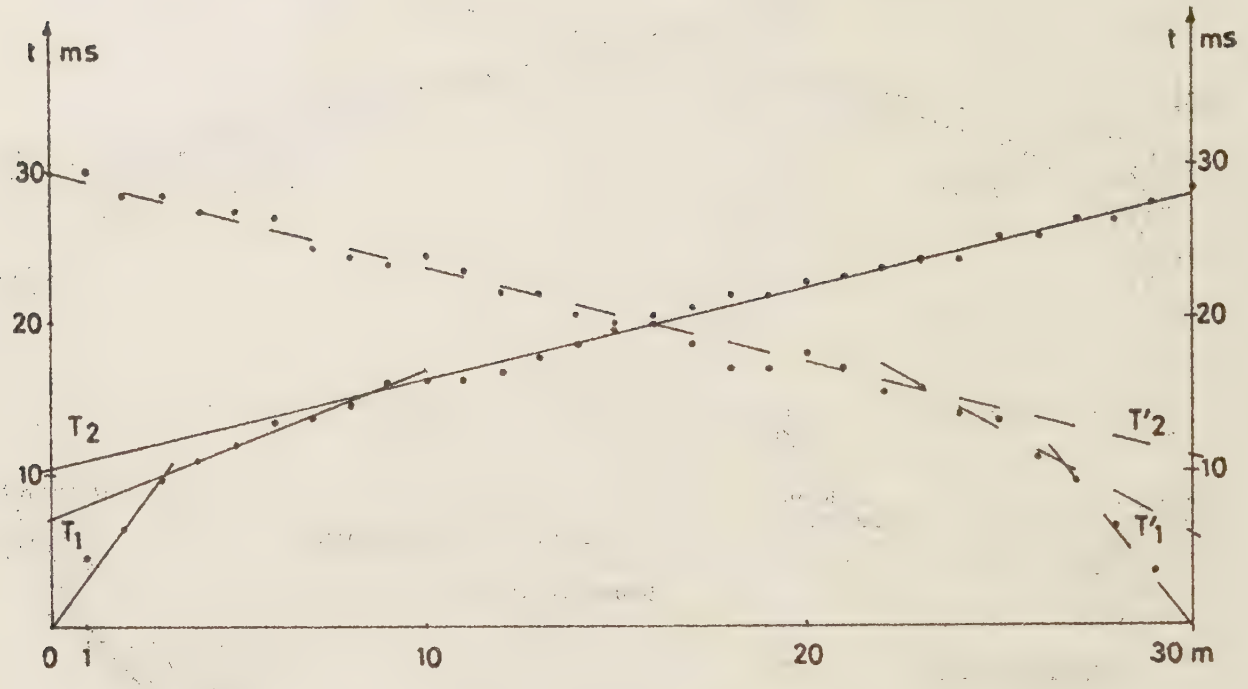


Fig. N°40 DROMOCHRONIQUE D_3 OBTENUE A BOIS ROBERT.

(voir tableau N°5)

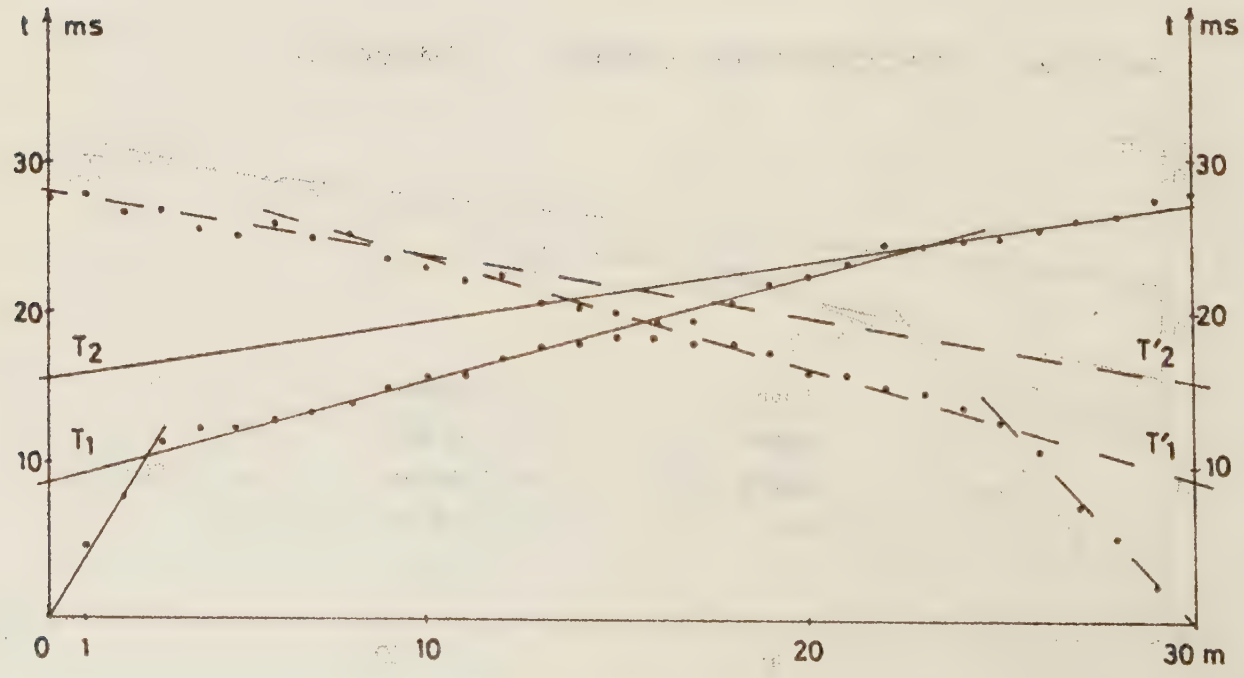


Fig. N°41 DROMOCHRONIQUE D_4 OBTENUE A BOIS ROBERT.

(voir tableau N°5)

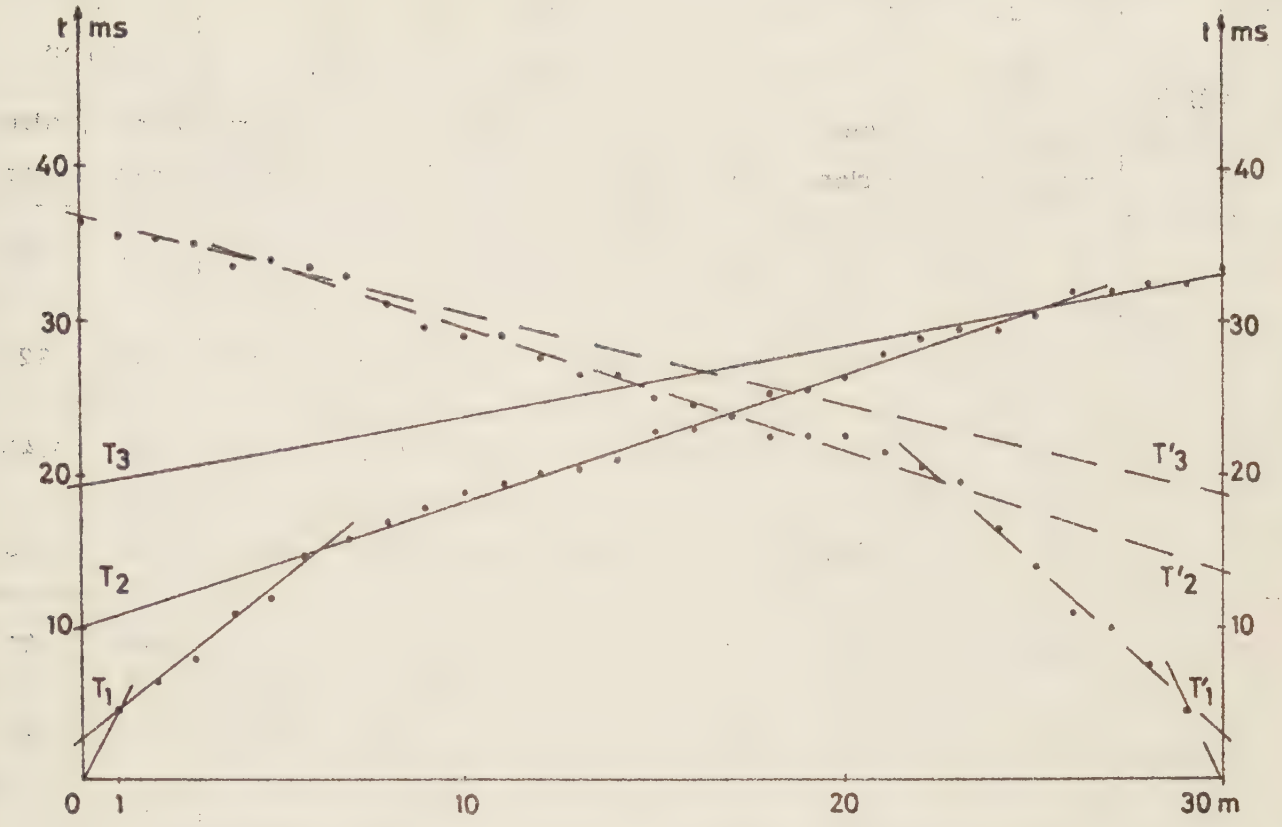


Fig. N°42 DROMOCHRONIQUE D_5 OBTENUE A BOIS ROBERT.

(voir tableau N°5)

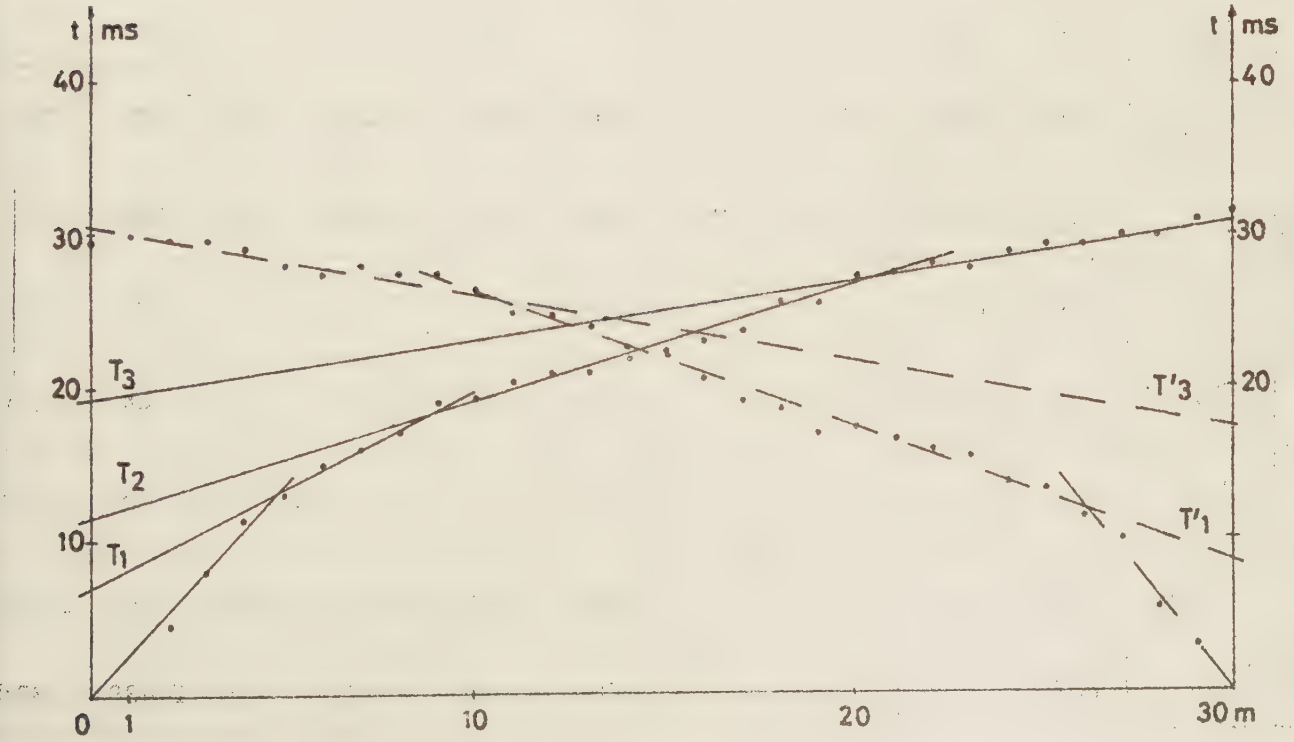


Tableau N°5 Interprétations des dromochroniques D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 .
(Interprétation classique et interprétation simplifiée.)

Nature des terrains.	Caractéristiques des terrains.	D_1 Fig. N°		D_2 Fig. N°		D_3 Fig. N°		D_4 Fig. N		D_5 Fig. N°	
		Interp. class.	Interp. simpl.	Interp. class.	Interp. simpl.	Interp. class.	Interp. simpl.	Interp. class.	Interp. simpl.	Interp. class.	Interp. simpl.
Mort-terrain/limon.	V_1 m/s	98	87	307	300	310	247	213	200	344	368
	V'_1 m/s	98	109	307	315	310	374	213	227	344	321
	e_1 m	0.50	0.44	1.19	1.13	1.41	1.10	0.64	0.29	1.26	1.46
	e'_1 m	0.35	0.40	0.99	1.05	1.48	1.80	0.31	0.34	1.53	1.43
	α_{12}	+0.3°	+0.1°	+0.4°	+0.2°	0°	-1.3°	+0.6°	-0.1°	-0.5°	0°
Sables de Lozère.	V_2 m/s	471	571	847	1040			472	504	?	775
	V'_2 m/s	471	412	847	714			472	444		
	e_2 m	0.97	1.28	1.48	2.02			1.10	2.04	?	1.87
	e'_2 m	1.50	1.24	2.37	1.87			2.74	2.53		
	α_{23}	-0.8°	+0.2°	-1.3°	+0.4°			-2.5°	-1°		
Meulière en blocs dans argile.	V_3 m/s	1250	1176	1 538	1714	1439	1481	1 238	1 212	1 204	1 314
	V'_3 m/s	1 250	1 333	1538	1 395	1439	1 399	1 238	1 265	1 204	1111
	e_3 m	2.35	1.85			5.18	6.19	7.22	6.25	8.33	5.23
	e'_3 m	1.40	1.87			5.20	5.30	3.82	4.63	5.95	5.43
	α_{34}	+1°	+0.1°			-0.2°	0°	+4.0°	+2.1°	+4.0°	+2.4°
Meulière massive.	V_4 m/s	1893	2 055			2 500	2 500	1892	2158	2439	2 586
	V'_4 m/s	1893	1754			2 500	2 500	1892	1685	2 439	2 308

dans le détail. Dans la Fig. n° 39 nous avons ainsi attribué un terrain de vitesse moyenne 847 m/s aux Sables de Lozère (voir Tableau n° 5). Un sondage serait nécessaire pour savoir s'il s'agit vraiment de Sables de Lozère ou de meulière en blocs disséminés dans une gangue argileuse.

3) Les parties des dromochroniques relatives aux formations sous-jacentes aux limons ont souvent une allure en "marches d'escalier" (Fig. n° 39, 42). Ceci traduit l'hétérogénéité de ces formations : variation latérale du pourcentage rocheux dans un même niveau ou ondulation du contact entre 2 niveaux superposés inégalement meuliérisés. De ce fait, plusieurs solutions peuvent apparaître graphiquement. Cependant, le plus souvent nous avons été conduits à distinguer 2 niveaux d'argiles à meulière ayant des vitesses différentes et correspondant vraisemblablement à des pourcentages rocheux différents (meulière en blocs, meulière massive) (Fig. n° 37, 40, 41, 42 et Tableau n° 5).

4) Les dromochroniques directes et inverses d'une même expérience sont très souvent dissymétriques. L'interprétation classique, qui suppose que sur la longueur de ligne utilisée (dans notre cas 30 ou 40 m) les différents terrains ont une vitesse constante, conduit généralement à mettre un pendage en évidence. Or il n'est pas toujours exact, dans notre cas, de faire cette hypothèse. Mais si l'on veut s'en passer, on se trouve devant une indétermination, ne sachant comment varient entre les 2 géophones, à la fois l'épaisseur des terrains et leurs vitesses. On peut cependant, en considérant le tir direct et le tir inverse comme indépendants, calculer des vitesses et épaisseurs moyennes et donner 2 coupes approximatives sensiblement au droit de chaque géophone. Cette interprétation simplifiée reste discutable. Dans chaque cas nous avons donc fait cette

interprétation, et l'interprétation classique (Tableau n° 5). Les résultats sont assez semblables. Cependant l'interprétation simplifiée conduit à des pendages moins importants que ceux obtenus par l'interprétation classique, et l'on note des différences d'épaisseur de terrain de 20 à 30 % en moyenne.

Dans tous les cas il faut disposer de sondages carottés dans la zone d'étude, les coupes sismiques ne servant qu'à faciliter l'extrapolation entre les sondages.

. Conclusion : ces essais montrent que la prospection géophysique par sismique-réfraction est apte à améliorer l'extrapolation entre sondages mécaniques et donc à mieux définir toute opération de terrassement. Cependant, les courbes obtenues par la sismique-marteau ne sont pas toujours facilement interprétables. On peut penser que la sismique explosif donnerait de meilleurs résultats du fait de sa profondeur d'investigation plus grande et de la possibilité de réaliser 4 ou 5 tirs d'espèce différente (avec tirs lointains en particulier) pour une même longueur de ligne. Il n'est pas certain cependant que l'interprétation des courbes serait facilitée à cause de l'échelle, relativement petite, des hétérogénéités. Nous pensons donc qu'une plus grande pratique de la sismique-marteau, dont les résultats devraient être corrélés avec des observations des terrains in situ, pourrait faire avancer le problème.

III-2314. Apport des diagraphies par rayons gamma

J'ai pu essayer par ailleurs le carottage géophysique de sondages par enregistrement de la radioactivité naturelle gamma (avec la sonde du L.R.O.P. dans le but

de mieux apprécier le pourcentage rocheux des argiles à meulière. Il faut noter que la profondeur de pénétration des rayons gamma n'excède guère 50 cm. Aussi les résultats obtenus gardent-ils un caractère ponctuel.

. Principe de la méthode : Toutes les formations renferment un très faible pourcentage de minéraux radioactifs, pourcentage constant et caractéristique d'une formation donnée. Des sables et grès non argileux ont ainsi une radioactivité (en unités A.P.I.) de 30 à 80, des calcaires de 30 à 100, des argiles de 150 à 500 (en fonction de la minéralogie et de la teneur en matières organiques). De tous les rayonnements produits par la désintégration des substances radioactives, c'est le rayonnement gamma le plus pénétrant. C'est lui que l'on enregistre en fonction de la profondeur, à l'aide d'une sonde (tube métallique de 1,20 m de longueur) descendue dans un trou de forage. La mesure de ce rayonnement est effectuée à l'aide d'un scintillomètre enfermé dans la sonde (un cristal de quartz transforme chaque rayon gamma en un petit éclair lui-même transformé en courant électrique par une cellule photo-électrique. Après amplification, le courant est enregistré).

. Résultats obtenus : j'ai pu tester ainsi plusieurs trous de forage, les uns carottés (permettant de mettre en parallèle la courbe obtenue et la description du sondage), les autres réalisés au Waggon-drill. Dans chaque trou, 2 ou 3 passages ont été exécutés de façon à voir si l'essai était répétitif. C'est bien le cas, à quelques détails près dus au contrôle simplement manuel de la descente de la sonde. On peut faire les observations suivantes.

1) Les limons ont généralement une radioactivité qui décroît avec la profondeur (influence de la teneur en matières organiques).

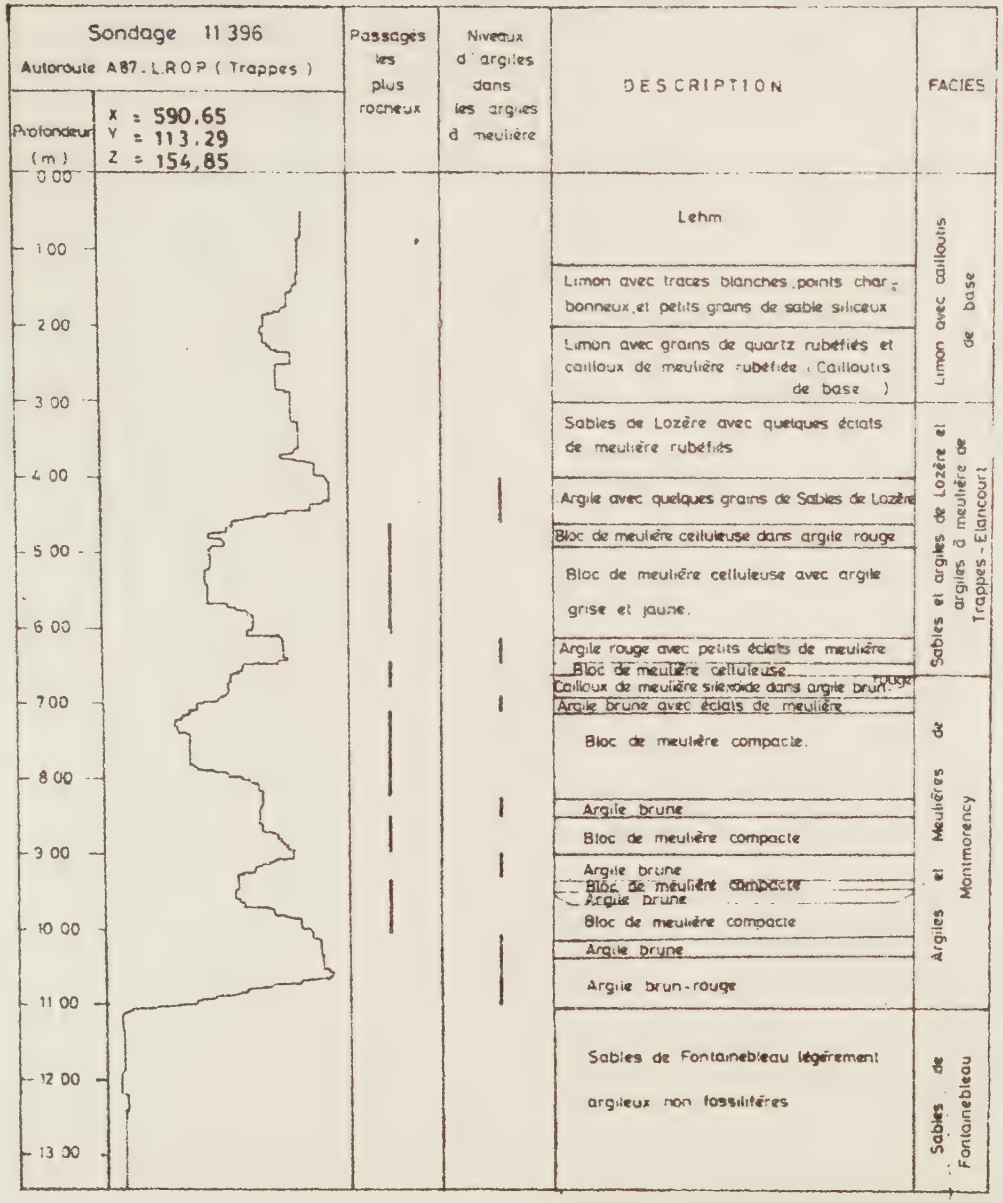
2) Dans les argiles à meulière, les niveaux d'argile apparaissent en pics ou dômes (radioactivité forte). Les niveaux de meulière apparaissent en creux (radioactivité faible). La sonde enregistrant en chaque point le rayonnement d'environ un demi m3 de terrain, on peut penser que 2 niveaux de meulière qui auraient la même importance d'après une description de sondage, doivent être distingués au point de vue pourcentage rocheux en fonction de l'intensité des creux observés sur les courbes de diagraphie (Fig. n° 43). Je n'ai cependant pas pu le contrôler par des observations de chantier.

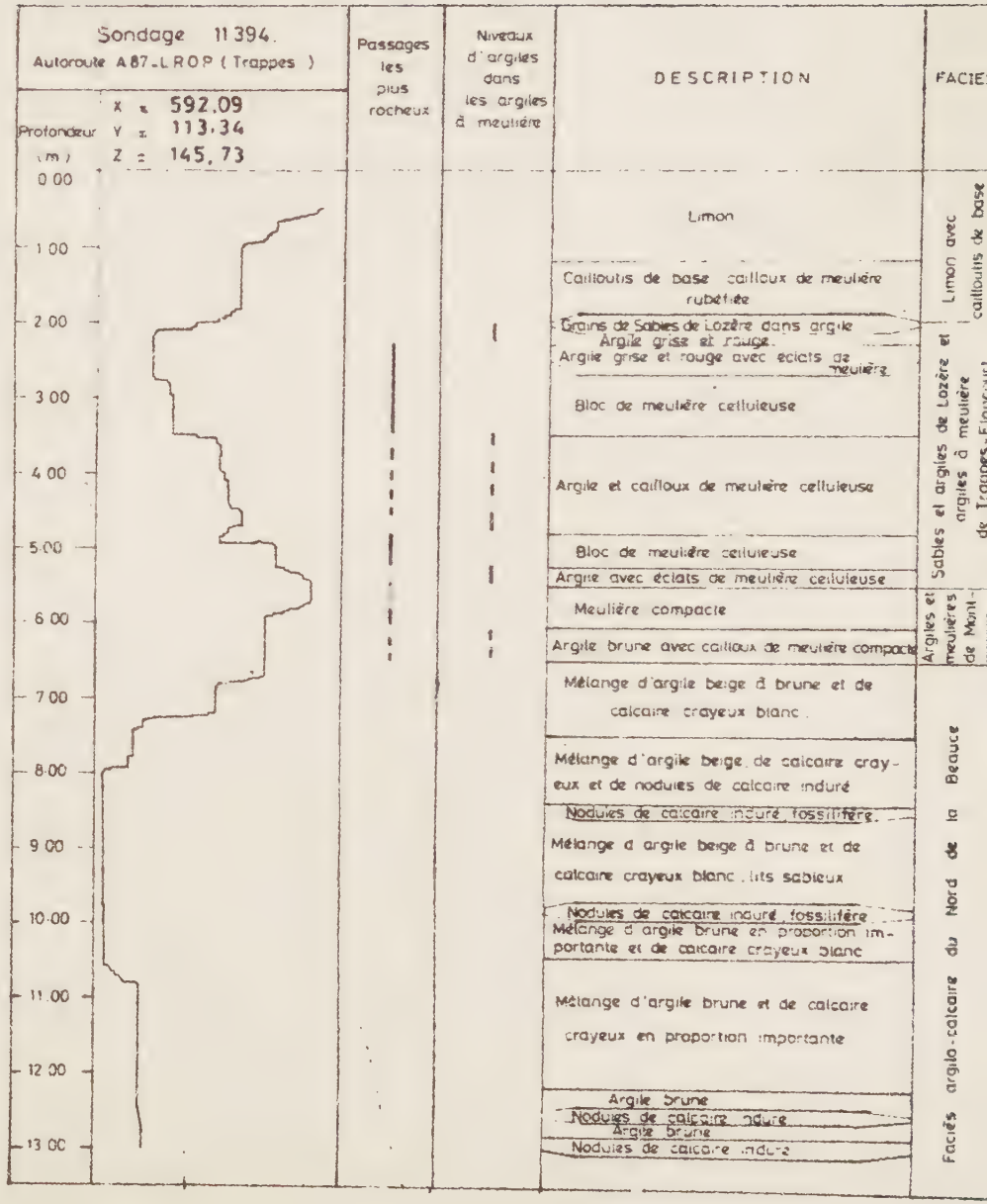
3) Le passage aux "Marnes" de Trappes se traduit par une diminution de la radioactivité, les calcaires étant peu radioactifs. Les argiles contenues dans ceux-ci n'apparaissent guère.

4) Le passage aux Sables de Fontainebleau est très net. (radioactivité très faible). La courbe est très régulière.

. Conclusion : Les essais réalisés sont trop peu nombreux (une dizaine) pour que l'on puisse tirer des conclusions précises sur le pourcentage rocheux des argiles à meulière. Il nous semble cependant que les diagraphies peuvent apporter des renseignements intéressants dans le cadre d'une campagne de sondages (carottés ou destructifs). Il suffirait de tester tous les trous de forage dont la réalisation est de toute façon commandée par les problèmes de reconnaissance (prélèvement d'échantillons intacts, pose de piézomètres, essais in situ au pressiomètre). Il faudrait cependant prendre la précaution de tuber ces trous de forage (mesure qui peut compromettre la rentabilité de l'opération) car le risque de coincer la sonde n'est pas négligeable.

Fig. N°43 DIAGRAPHIES GAMMA





III.2315. Problèmes de chantier posés par les terrassements

Ce pourcentage rocheux (et la taille des blocs) en même temps que la teneur en eau de la phase argileuse des argiles à meulière conditionnent les moyens de terrassement à mettre en oeuvre. Ainsi, en fonction des différents niveaux meuliérisés on peut prévoir les situations suivantes (d'après dossiers L.R.O.P.).

Pour la meulière celluleuse (en blocs, avec gangue argileuse)le déchaussement et l'extraction des blocs doit se faire au défonceur (ou ripper) et au butteur (ou bulldozer). Les plus gros blocs doivent être pétardés avant chargement. Pour la meulière compacte (ou massive, en dalles ou bancs non disloqués) il est nécessaire d'utiliser l'explosif avant le terrassement proprement dit.

Lorsque les fouilles ont des dimensions réduites (tranchées, fouilles d'immeubles) il faut utiliser une pelle mécanique puissante pouvant être équipée d'un marteau pneumatique.

Enfin on ne peut raisonnablement entreprendre des opérations de terrassement importantes (déblais autoroutiers, fouilles profondes) que pendant les périodes sèches de l'année. Dans le cas contraire on rencontre de grosses difficultés de circulation des engins de chantier.

Remarquons que les matériaux terrassés, vu leurs caractéristiques mécaniques médiocres et leur hétérogénéité, ne peuvent pas être utilisés pour des remblais compactés ayant à supporter des contraintes.

III-2316. Caractéristiques géotechniques des argiles. Problèmes de fondation

La Fig. n°44 donne le diagramme de Casagrande des argiles à meulière qui classe la plus grande partie de celles-ci dans les limons et argiles très plastiques. On obtient une bonne corrélation entre la teneur en eau de liquidité W_L et l'indice de plasticité Ip sur 43 essais ($I_p = 0,65\ (W_L - 4,5)$ avec $r = 0,95$ et pour valeurs moyennes $\overline{W}_L = 78\ \%$ et $\overline{I}_p = 48\ \%$.

La Fig. n° 45 donne le coefficient de compressibilité C_c (variant de 0,02 à 0,39) en fonction de l'indice des vides initial e_o (variant de 0,41 à 1,31) dans l'essai oedométrique. La corrélation obtenue sur 17 essais est assez moyenne ($C_c = 0,22\ (e_o - 0,6)$ avec $r = 0,76$ et pour valeurs moyennes $\overline{e}_o = 0,84$ et $\overline{C}_c = 0,17$).

Ces essais de laboratoires réalisés sur la phase argileuse (dont les caractéristiques sont très médiocres) ne rendent pas bien compte du comportement global du matériau. On tend de plus en plus à réaliser dans cette formation des essais in situ (au pressiomètre) à partir desquels on calcule directement les taux de travail admissibles. Ceux-ci varient généralement de 1 à 3 bars à 1 m de profondeur avec un coefficient de sécurité de 3, de 1,5 à 4 bars à 3 m de profondeur. Au-delà le taux de travail n'augmente guère. Le gain de portance obtenu avec la profondeur étant assez faible, il est conseillé, dans le cas d'une fouille d'immeuble par exemple, de se limiter à une profondeur de 3 m. Il faut de plus éviter de laisser le fond de fouille trop longtemps exposé aux intempéries et évacuer les venues d'eau toujours présentes. La nature

Fig. N°44 DIAGRAMME DE CASAGRANDE (Relations W_L , I_p) DES ARGILES A MEULIERE .

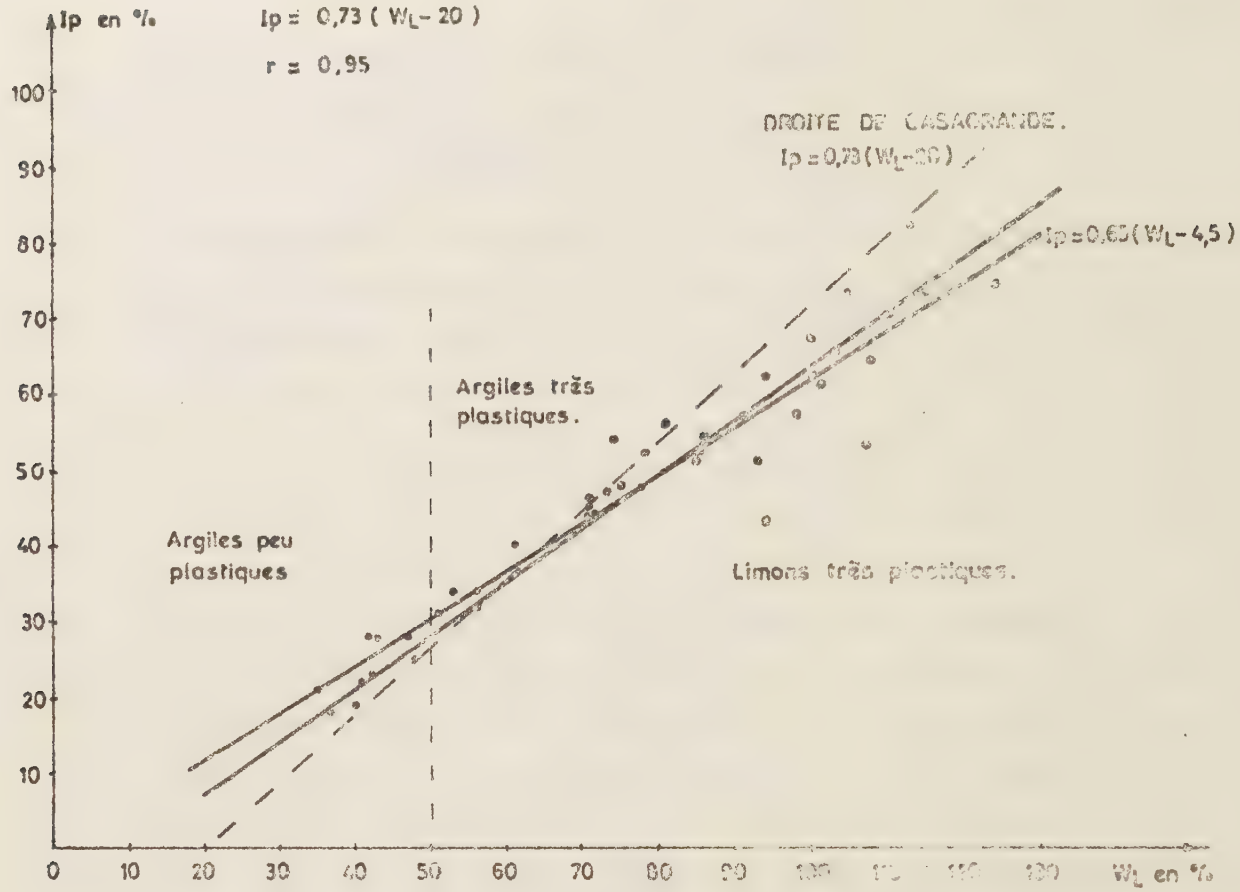
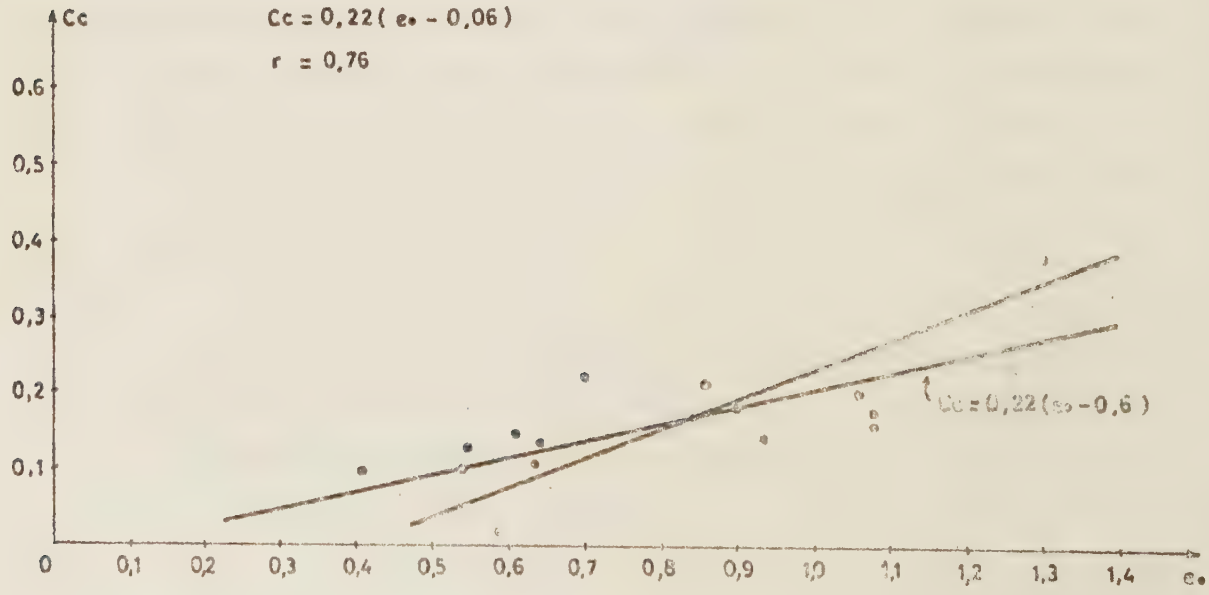


Fig. N°45 COEFFICIENT DE COMPRESSIBILITE DES ARGILES A MEULIERES EN FONCTION DE L'INDICE DES VIDES INITIAL e_o DANS L'ESSAI OEDOMETRIQUE.



argileuse du matériau permet de procéder dans ce cas par simple pompage en fond de fouille.

Très souvent, pour diminuer au mieux les tassements différentiels (du fait des pourcentages rocheux variant d'un point à un autre d'une même fondation) les entreprises fondent leurs ouvrages sur pieux, le plus souvent "pieux battus exécutés en place". Il s'agit de pieux métalliques (tube creux terminé à l'une des extrémités par un "sabot perdu", à l'autre par un casque de battage) fortement battus dans le terrain jusqu'au refus (sur argile et blocs de meulière refoulés). L'intérieur du pieu est alors muni d'armatures métalliques et bétonné . Suivant les cas le tube métallique est récupéré ou non.

Pour amoindrir les effets des tassements différentiels toujours possibles il est conseillé, dans le cas d'ouvrages importants, d'en désolidariser les différentes parties.

III-232. Les "Marnes" de Trappes et le problème des marnières.

Cette formation a fait l'objet de très peu d'essais géotechniques. Ces caractéristiques sont très médiocres. En aucun cas, elle ne peut servir de niveau de fondation. Elle pose à l'aménageur un problème important par l'existence de cavités artificielles : les marnières.

III-2321. Définition des marnières

D'après le dictionnaire des sols de , une marnière est un "lieu d'où l'on tire de la marne, en général pour amendement". Cette dernière précision est importante car c'est dans ce sens large que le

terme est passé dans la toponymie. Autrement dit, une marnière peut être une exploitation d'une véritable marne au sens pétrographique du terme, ou d'un calcaire crayeux, ou d'une craie. Ces exploitations ont été réalisées à ciel ouvert ou par puits et chambres souterraines (Fig; n° 47). Dans la région considérée, on est assuré que le terme de marnière désigne des exploitations de calcaire crayeux de la fin du Stampien, quand on se trouve en position topographique de plateau.

Remarquons que dans un passé très lointain, les limons ont sans doute été exploités pour l'amendement des terres. Ce procédé très archaïque appauvrissait une terre de culture pour en améliorer une autre. Il est certain que cette méthode était depuis longtemps abandonnée dès le XVIIème siècle qui marque le début du marnage intensif des terres. Celui-ci s'est poursuivi au cours des XVIIIe et XIXe siècle. Les noms de lieu-dit "Les Marnières" datant de ces époques, on est donc en droit de considérer qu'ils désignent uniquement des exploitations de calcaire de la formation de Beauce.

Remarquons aussi que très souvent les agriculteurs ont creusé des puits sans succès comme l'indique COSSONNET (1895). Cependant pour qu'un nom de lieu-dit ait pu se créer, être véhiculé par le langage, puis inscrit sur des cartes, il fallait qu'il corresponde à une réalité concrète. On doit donc considérer que, en tout endroit portant le nom de lieu-dit "Les Marnières", on a effectivement exploité des marnes, mais pas forcément sur la parcelle entière portant ce nom de lieu-dit (Fig. n° 46).

Fig. N°46 Lieu-dit "Les Marnières" et implantation précise des marnières de Palaiseau. (tiré de la carte Agricole, Géologique, Parcellaire et Statistique de la Commune de Palaiseau - 1851 .)

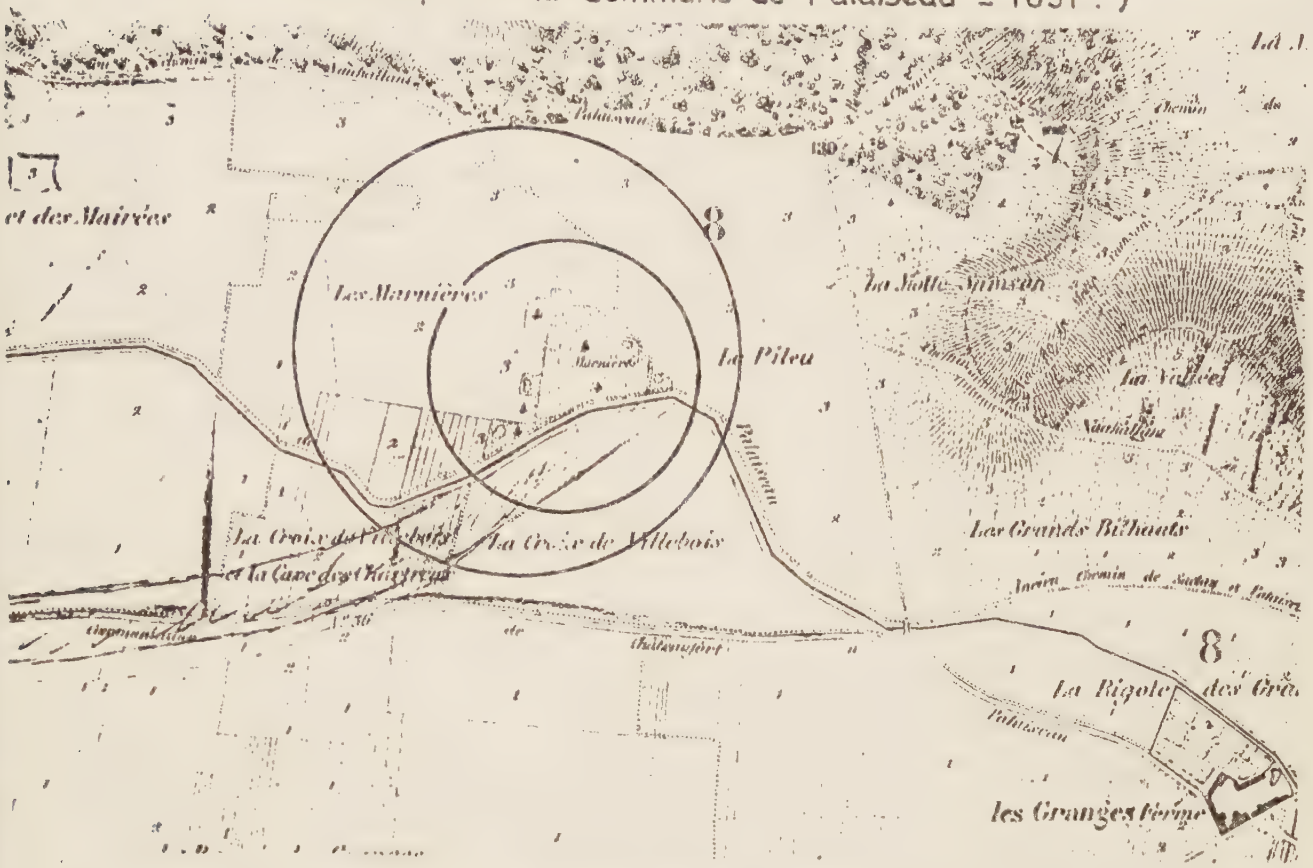
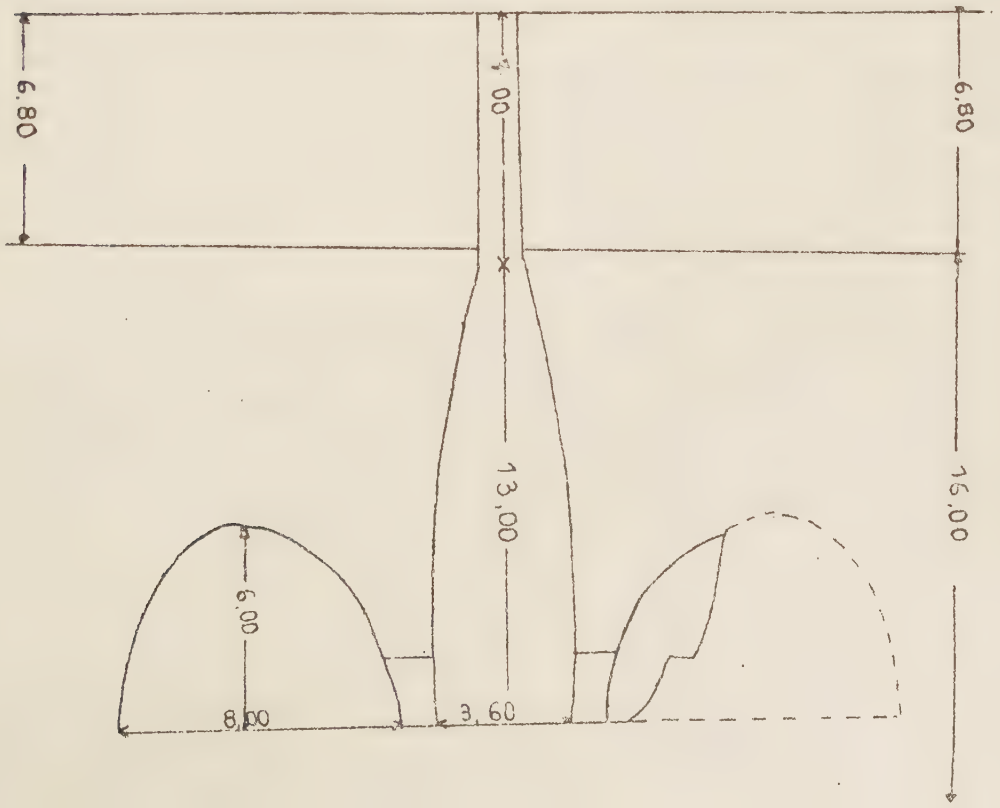


Fig. N°47 Coupe d'une marnière de Guyancourt (tiré d'un document du Service des Carrières de Versailles - 1850 .)

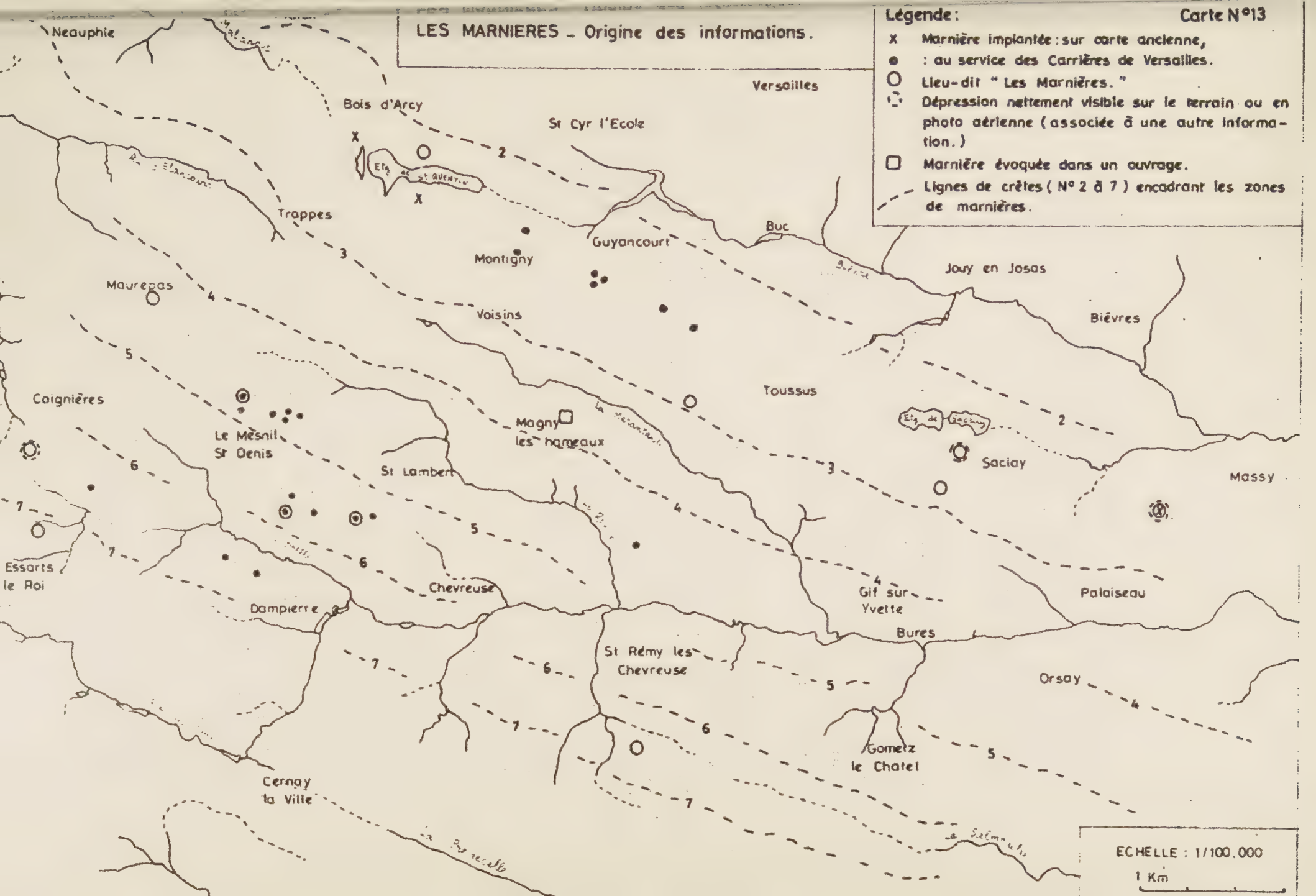


III-2322. Méthode d'inventaire et de détection des marnières

Il est évident qu'une connaissance précise des implantations de ces marnières est d'une grande importance pour les problèmes de génie civil (sécurité des fondations ...). Les méthodes suivantes peuvent être mises en oeuvre :

- Le zonage géologique : La carte du toit des Sables de Fontainebleau (Hors texte), la carte des grès (hors texte) et la carte n° 13) montrent que les marnières reconnues se situent dans de larges bandes recouvrant les alignements de points bas du toit des Sables de Fontainebleau. A ceux-ci correspondent les plus fortes épaisseurs de calcaire, mais certains sondages montrent que l'on peut trouver du calcaire au-dessus des points hauts du toit des Sables de Fontainebleau (alignement correspondant à la ligne de crête n° 2). On ne peut donc exclure la présence de marnière en aucun endroit, mais seulement pondérer le risque : risques forts au droit des alignements de points bas du toit des Sables de Fontainebleau, risques moyens sur les flancs des ondulations, risques très faibles au droit des alignements de points hauts. On peut penser qu'il n'est pas justifié, d'un point de vue économique, de mettre en oeuvre, dans toutes ces situations, les mêmes moyens de détection de ces marnières.

Sur la carte de zonage pour l'aménagement (cf. Carte hors texte et Conclusion générale) nous avons délimité des zones où le risque de trouver des marnières est le plus grand (zones d'alignements de points bas du toit des Sables de Fontainebleau et flancs des ondulations de ce toit).


LES MARNIERES _ Origine des informations.
Légende :
Carte N°13
X Marnière implantée : sur carte ancienne,
● : au service des Carrières de Versailles.
○ Lieu-dit " Les Marnières. "
Dépression nettement visible sur le terrain ou en photo aérienne (associée à une autre information.)
□ Marnière évoquée dans un ouvrage.
Lignes de crêtes (N° 2 à 7) encadrant les zones de marnières.
Neauphie
Versailles
Bois d'Arcy
St Cyr l'Ecole
Etg de St Quentin
Trappes
Montigny
Guyancourt
Buc
Jouy en Josas
Bièvres
Maurepas
Voisins
Coignières
Le Mesnil St Denis
Magny les hameaux
Toussus
Etg de Saclay
Saclay
Massy
St Lambert
Essarts le Roi
Chevreuse
Dampierre
Gif sur Yvette
Palaiseau
Bures
St Rémy les Chevreuse
Orsay
Gometz le Chatel
Cernay la Ville
ECHELLE : 1/100.000
1 Km

- La recherche d'Archives : L'intérêt est grand de rechercher les traces de ces exploitations sur les plans et cartes, et dans les textes, monographies communales ou études géologiques et agronomiques de l'époque. Les sources principales sont ainsi :

. Le Service des Carrières de Versailles où l'ouverture ou l'intention d'ouverture des marnières a pu être déclarée. Le plus souvent ce service dispose de la parcelle, qui peut être très grande, sur laquelle la marnière a été ouverte, mais pas de l'implantation exacte.

. Le Service des Cartes et Plans de la Bibliothèque Nationale, des Archives Départementales (Versailles), la Cartothèque de l'I.G.N. Les cartes anciennes conservées par ces organismes peuvent révéler la présence de marnières. Elles permettent surtout de relever les noms de lieux-dits "les Marnières". Les documents écrits conservés par ces organismes apportent également des informations intéressantes : en l'occurence il s'agit surtout des "Monographies communales de 1899" et des travaux de RICHARD, De SENARMONT et COSSONNET.

- l'observation sur photo-aériennes : la présence de marnières à quelque profondeur (toit entre 5 à 10 m), qu'elles soient encore ouvertes, partiellement ou totalement effondrées, a pour conséquence d'une part des conditions d'infiltration de l'eau particulières, d'autre part une dépression topographique en surface (dans certains cas seulement). De ce fait, elles peuvent se révéler en photos aériennes panchromatiques ou infra-rouge. Il faut cependant que les prises de vue aient été réalisées dans des conditions favorables de teneur en eau des sols, et de couverture végétale de ceux-ci.

- Les méthodes géophysiques : j'ai pu participer à la mise en oeuvre de plusieurs méthodes électriques, électromagnétiques, et sismiques. Bien que les résultats n'aient pas été probants, on ne peut pas exclure pour l'avenir des résultats positifs par ces méthodes. Il semble en particulier que le télélog commence à donner satisfaction. Actuellement on utilise surtout la microgravimétrie dont il faut confirmer les résultats par des sondages car on se trouve aux limites des possibilités de la méthode (profondeur des cavités trop grande par rapport à leurs dimensions). Le principe de cette méthode est simple, on mesure les variations de l'intensité du champ de pesanteur, variations causées en particulier par les différences de densité des terrains (présence de vides francs ou de cavités éboulées). Après diverses corrections dues à la topographie environnante et aux variations d'ensemble dites régionales de l'intensité du champ de pesanteur, on obtient une carte d'anomalies résiduelles. Le tracé de courbes d'égales variations du champ de pesanteur met en lumière les zones douteuses.

III-24. Caractéristiques géotechniques des Sables de Fontainebleau et problèmes de génie civil

III-241. Caractéristiques géotechniques

La grande homogénéité de cette formation retentit sur ses caractéristiques géotechniques qui sont assez constantes et bonnes. Cependant un pourcentage argileux important ou un degré de compacité faible les rend moins bonnes.

- Granulométrie (Fig. n° 48). La courbe granulométrique de ce matériau est très serrée. Assez souvent plus de

Fig.N°48 FUSEAU GRANULOMETRIQUE DES SABLES DE FONTAINEBLEAU.

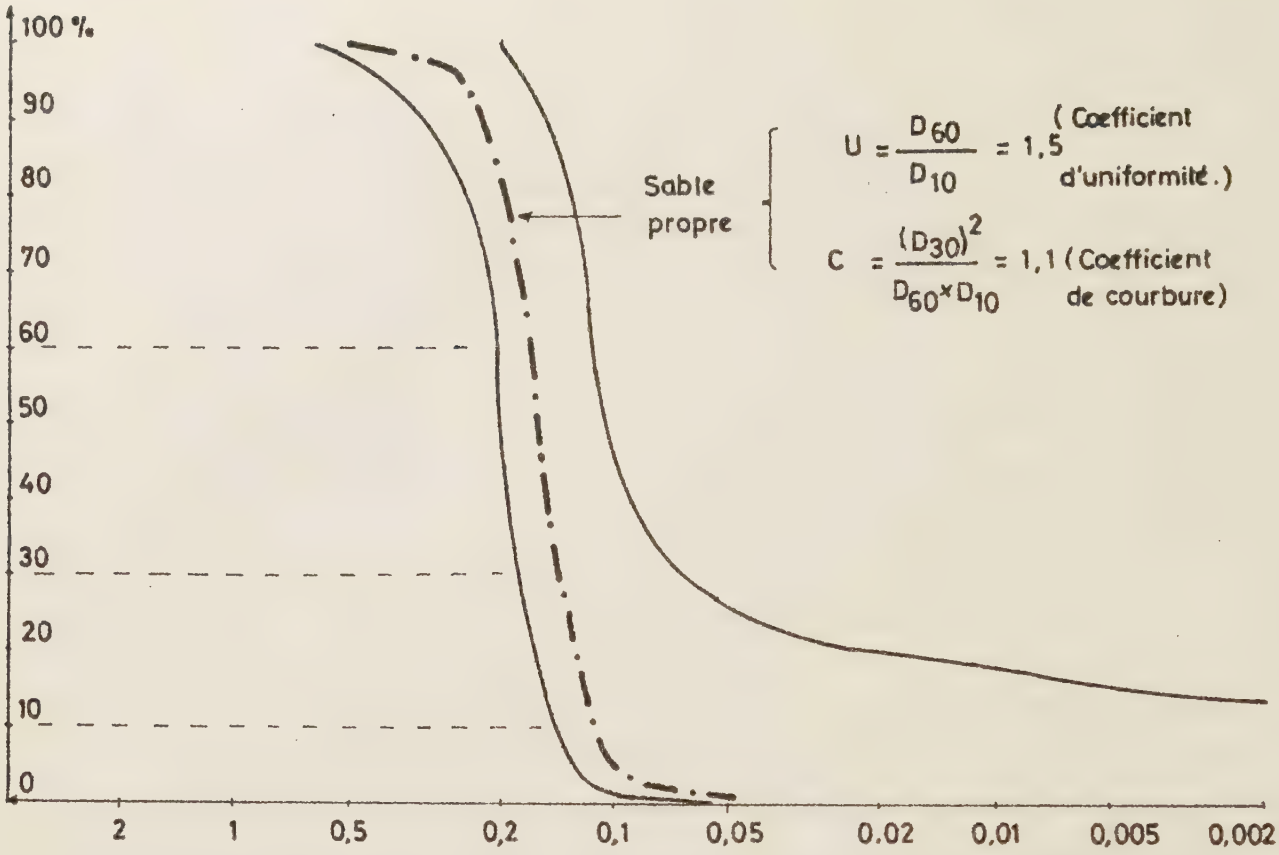
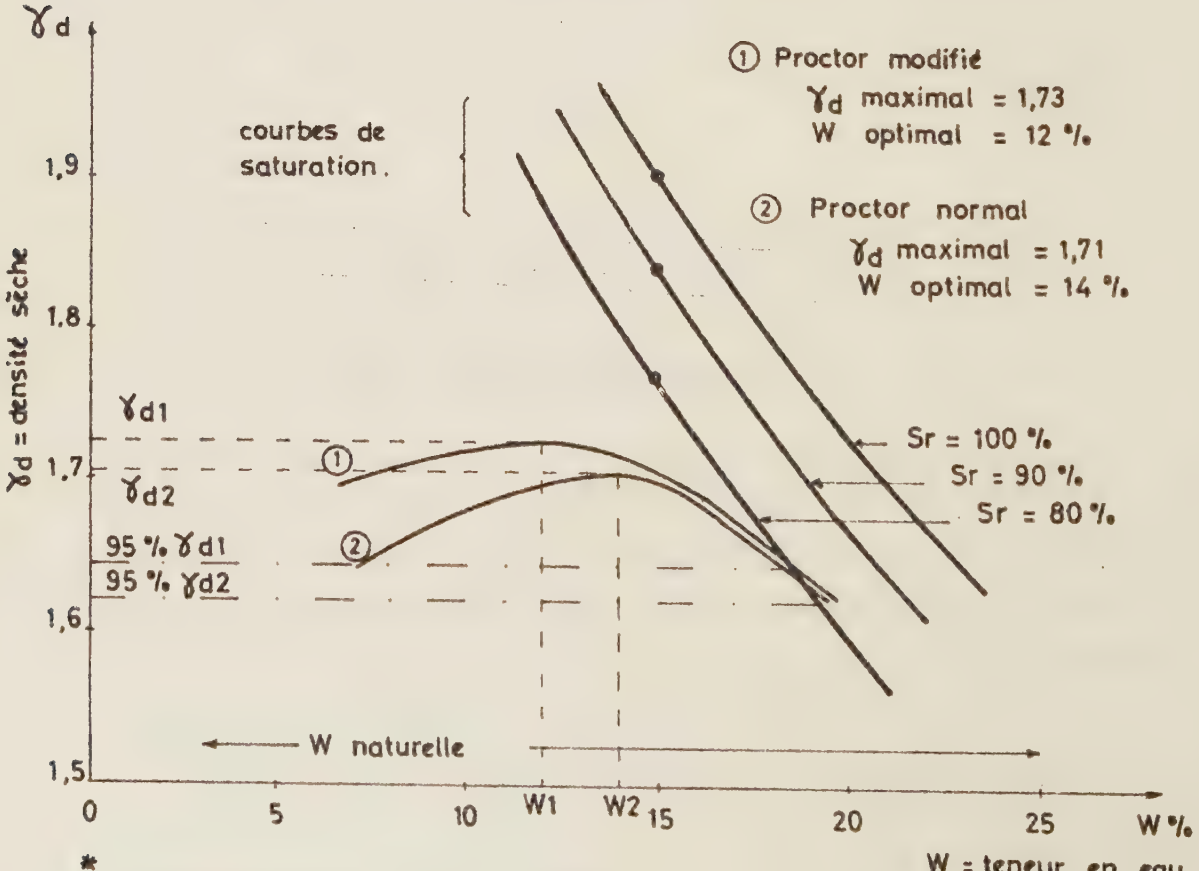


Fig. N°49 COMPACTAGE PROCTOR DES SABLES DE FONTAINEBLEAU. *



* d'après Dossier L.R.O.P. N° 3 195

90 % des éléments sont compris entre 100 et 300 µ . Cependant le pourcentage de fines varie en fonction du faciès lithologique (jusqu'à 30 % de particules inférieures à 80 µ.) L'essai d'Equivalent de Sable (E.S.) permet de caractériser cette partie fine du matériau et de le classer en sable propre (E S > 65), peu pollué (35 <ES < 65), pollué (ES < 35).

- La teneur en eau de ces sables varie de quelques % (environ 3 %) à 25 % quand ils sont saturés. La teneur en eau résiduelle de 3 % explique, par les forces capillaires qui se manifestent alors et donnent au sable une certaine cohésion, la tenue quasi-verticale des fronts d'exploitation des sablières.

- Porosité et indice des vides. Les densités sèches γ_d varient de 1,53 à 1,64 g/cm^3 (moyenne 1,59 g/cm^3 sur 15 échantillons) ce qui correspond à des indices des vides e de 0,71 à 0,59 (moyenne 0,65) et des porosités n de 42 % à 37 % (moyenne 40 %).

- Caractéristiques mécaniques : Elles sont très bonnes avec des cohésions quasi nulles et des angles de frottement variant de 30 à 40° suivant l'échantillon et le type d'essai de cisaillement réalisé. Par ailleurs il s'agit d'un matériau pratiquement incompressible.

III-242. Problèmes de génie civil

- Aptitude aux fondations : Il peut être intéressant de rechercher les Sables de Fontainebleau comme niveau d'appui (entre 8 et 25 m de profondeur sous les plateaux) lorsque la présence de marnières a été décelée à la base de la formation de Beauce ou pour des ouvrages particuliers

exigeant des tassements des sols très faibles. Cette solution a été ainsi adoptée pour les fondations du synchrotron de Saclay (C.E.A.). Des essais de portance de pieux ont montré dans ce cas que la plus grande partie des tassements s'obtient instantanément. Le tassement secondaire faible se poursuit lentement avec le temps (tassement absolu de 0,7 mm en 10 ans, de 1,4 mm en 100 ans compatible avec le tassement différentiel maximum de 0,1 mm demandé par l'ouvrage). Il faut cependant au cours de la reconnaissance des sols s'assurer de l'homogénéité du sable sur au moins 5 m au-dessous du niveau de fondation (présence possible de niveaux argileux et compressibles, ou de bancs de grès plus ou moins continus) et au cours de l'exécution des fondations éviter toute décompression des sables.

- Terrassement et réutilisation du matériau : Les travaux de terrassement demandés par certains ouvrages en déblai (voies rapides, autoroutes) et affectant les Sables de Fontainebleau ont toujours eu lieu en flanc de versant. Indépendamment de la reconnaissance précise des formations de pente les deux problèmes suivants doivent être considérés ;

D'une part, il faut reconnaître la présence éventuelle de grès au sommet des sables ou sur les pentes (explosif nécessaire pour le pétardage des blocs avant transport). D'autre part, il faut bien identifier la nappe oligocène (sources d'émergence, surface piézométrique) pour savoir comment son écoulement sera perturbé par les travaux et comment elle peut en compromettre la sécurité. C'est ainsi que pour la déviation d'Orsay un rabattement de nappe par puits drainants verticaux a été réalisé en amont des rideaux de palplanches (ouvrages de soutènement nécessités par une emprise trop étroite) afin d'éviter la ruine de ceux-ci.

Les talus de déblai tiennent avec des pentes de 3/2 (angle du talus avec l'horizontale d'environ 33°). Il faut cependant les engazonner rapidement pour éviter leur ravinement lors des précipitations importantes.

Par ailleurs, ces sables constituent le meilleur matériau de remblai de la région. Les courbes Proctor sont très aplaties (Fig. n° 49) ce qui signifie que la densification est pratiquement indépendante de la teneur en eau. Celle-ci peut en théorie être très faible, mais les conditions de chantier font qu'elle doit être supérieure à 8 %.

III-2153. Détermination de la cote du toit des Sables de Fontainebleau par sondages électriques :

Il est apparu intéressant de mettre en oeuvre une méthode rapide et peu onéreuse pour déterminer la cote du toit des Sables de Fontainebleau. Le sondage électrique y répond.

- Principe de la méthode : La méthode de résistivité qui est la méthode de prospection électrique utilisée est basée sur la variation d'une caractéristique physique des sols : la résistivité électrique. Celle-ci dépend essentiellement de l'eau contenue dans le sol (teneur en eau du sol et minéralisation de cette eau), de la texture du sol, de la teneur en minéraux argileux et varie donc à chaque passage d'une formation à une autre. Pour donner des ordres de grandeur on peut dire que la résistivité de l'eau de mer est d'environ 0,2 Ω.m, celle des argiles varie de 2 à 20 Ω.m, celle des sables et graviers imbibés d'eau douce de 50 à 500 Ω.m, celle des calcaires compacts de 300 à 10.000 Ω.m, celle des granites sains de 1000 à 10.000 Ω.m,

celle des granites altérés de 100 à 1000 Ω .m. On mesure cette résistivité en envoyant un courant électrique dans le sol au moyen de 2 électrodes et en mesurant au moyen de 2 autres électrodes une différence de potentiels. C'est une résistivité apparente d'un certain volume de terrain qui est en fait mesurée. En écartant les électrodes d'injection du courant on obtient les résistivités apparentes de volume de terrain intéressant des profondeurs de plus en plus grandes (Fig. n° 50). L'utilisation d'abaques permet de déterminer les épaisseurs et les résistivités des différents terrains.

- Appareil utilisé : Il s'agit du Résistivimètre Universel Electronique B R G M (R.U.E.) qui présente la particularité de fonctionner en courant alternatif de très basse fréquence. Le courant alternatif permet d'éliminer les tensions parasites dues à la polarisation spontanée et aux courants telluriques ou industriels. La très basse fréquence permet d'avoir une profondeur d'investigation importante.

- Résultats obtenus : Cette méthode a été mise en oeuvre sur plusieurs sites. Nous avons pris soin, pour plusieurs des sondages réalisés de nous placer auprès d'anciens sondages carottés pour étalonner les courbes. La Fig. n° 51 donne 2 des résultats obtenus. On peut tirer les conclusions suivantes.

- Les courbes obtenues sont des courbes en "fond de bateau" caractéristiques d'une succession de 3 terrains constitués d'un terrain conducteur encadré par 2 terrains résistants.

- Dans ce cas, le paramètre qui intervient est la conductance, rapport de l'épaisseur sur la résistivité du terrain.

Fig. N°50 Dispositif Schlumberger.

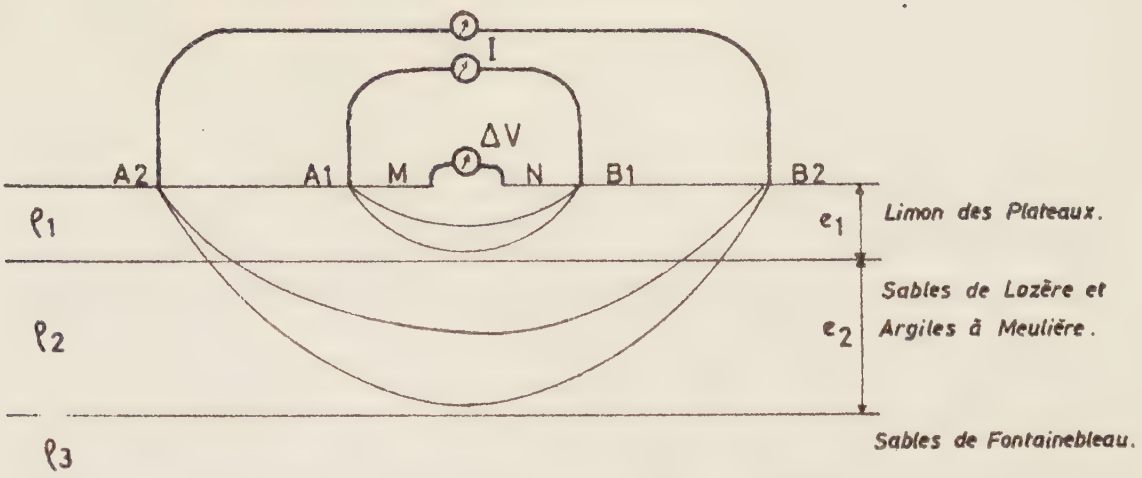
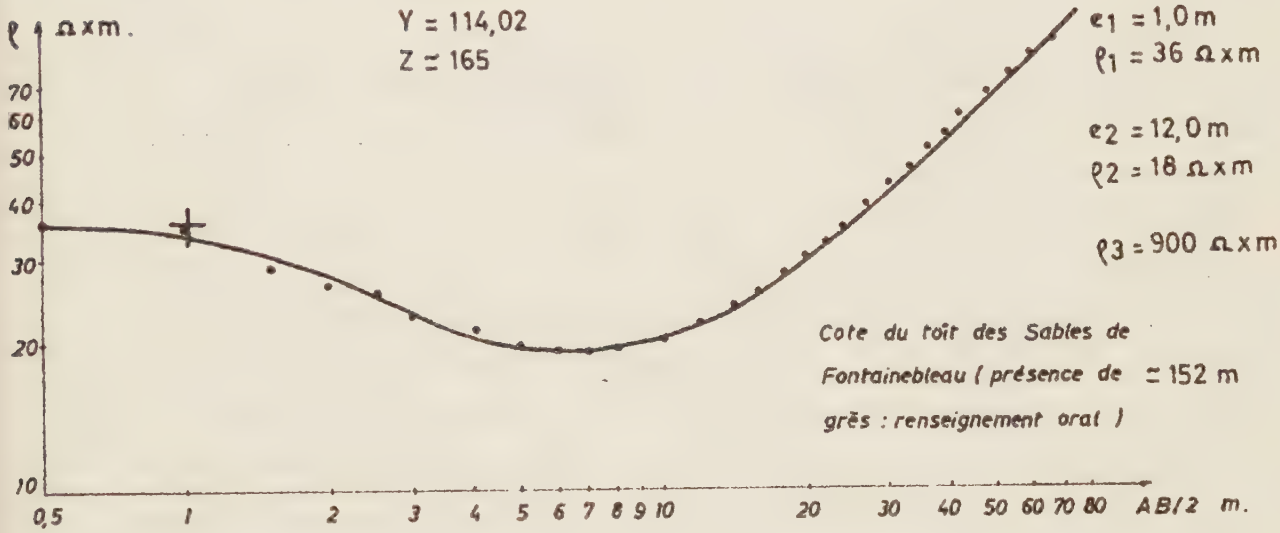


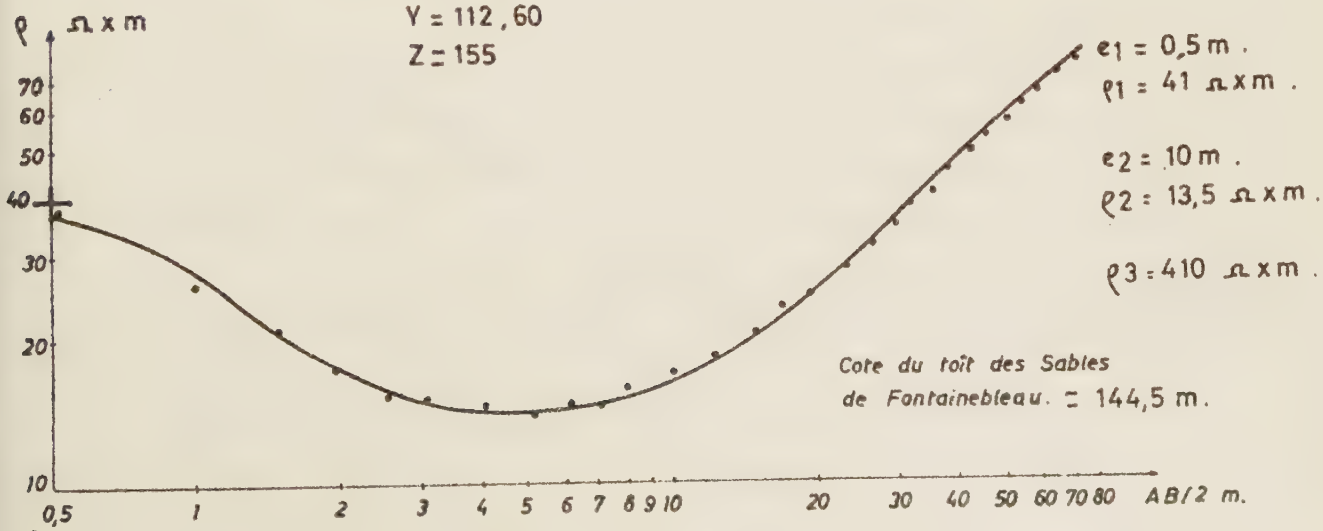
Fig. N°51

① Pépinière de Gomberville.
X = 581,02
Y = 114,02
Z = 165



• Point de mesure.
Courbe du catalogue d'abaques.

② Plaine de Chevincourt.
X = 582,15
Y = 112,60
Z = 155



Les valeurs obtenues montrent que nous sommes dans de bonnes conditions pour l'interprétation (conductance du 2ème terrain nettement supérieure à la somme des conductances du 1er et du 3ème terrain.

- L'interprétation se fait aisément avec le catalogue d'abaques (Standard Graphs for Resistivity Prospecting 1969). D'après l'ensemble des résultats obtenus on peut donner les encadrements suivants. La résistivité des limons varie entre 30 et 45 Ω.m. (leur teneur en eau est susceptible de faire varier fortement leur résistivité). Les Sables de Lozère et Argiles à meulière (ainsi que les "Marnes" de Trappes) ne s'individualisent pas. Les points de mesure s'alignent régulièrement sur les courbes du catalogue. On peut penser que leurs résistivités ne sont pas suffisamment contrastées ou vont en croissant. Ce"2ème terrain "ayant une épaisseur nettement plus importante que le 1er, la courbe marque un palier (fond de bateau) au niveau de la résistivité moyenne du terrain.Cette résistivité varie entre 10 et 20 Ω.m. On peut remarquer que la présence de blocs de meulière n'a aucune influence. Seule la présence d'une dalle de meulière compacte continue, de forte épaisseur et de grande extension serait peut-être décelable.

- Les Sables de Fontainebleau ont une résistivité nettement plus forte, de quelques centaines d' Ω.m à quelques milliers Celle-ci doit varier en grande partie d'après la teneur en eau de ces sables, leur contamination argileuse, la présence de bancs de grès. Obtenant avec une bonne approximation l'épaisseur des 2 premiers terrains, on peut donc en déduire la cote du toit des Sables de Fontainebleau.

- D'après le type de succession des terrains, de simples

profils de résistivité (avec une longueur de ligne constante $\frac{AB}{2}$ = 30 m) donneraient la profondeur de ce toit. Ce procédé est beaucoup plus rapide qu'un sondage électrique. Cependant il conduit à attribuer au 2ème terrain une résistivité moyenne de 15 Ω.m (alors que celle-ci varie entre 10 et 20 Ω .m). De ce fait, la profondeur du toit n'est obtenue qu'avec une précision de ± 3 m (on l'a calculée d'après nos courbes de sondages électriques), ce qui n'est pas très précis.

III-25. Mise au point d'une méthodologie de prospection préliminaire d'un site sur les plateaux

A partir des différentes méthodes géophysiques mises en oeuvre et des cartes réalisées, on peut proposer une méthodologie de prospection préliminaire d'un site. Indépendamment de la documentation de base (Cartes géologiques, Photos aériennes, etc...) nous disposons donc d'une carte du toit des Sables de Fontainebleau et d'une Carte des épaisseurs des limons. En y joignant la carte topographique on peut donc connaître en tout point les épaisseurs des limons, des Sables de Lozère et de la formation de Beauce réunis ainsi que les cotes des limites de ces formations. Ces données sont évidemment approximatives. Le sondage électrique, rapide, nous permet de trouver assez précisément la cote du toit des Sables de Fontainebleau. Le sondage sismique nous donne des précisions sur la présence des Sables de Lozère et sur les différents niveaux meuliérisés.

On peut alors, à ce stade, lancer une campagne de sondages qui seront implantés suivant les exigences du projet mais aussi en fonction des données précédentes.

(Quelques sondages carottés pour beaucoup de sondages destructifs, avec carottage radioactif de tous ceux-ci). La méthode originale d'étude des carottes mise au point par J. PREVOT permet alors de mieux définir en volume les différents niveaux meuliérisés. En retour les résultats de la prospection sismique peuvent être mieux interprétés.

On peut alors avoir une idée assez précise de la géométrie des différentes formations et des pourcentages rocheux des argiles à meulière , à une échelle hectométrique et même décamétrique. Ceci est un pas important pour des problèmes tels que ceux posés par les terrassements, qui ne dispense pas dans tous les cas de réaliser 1 ou plusieurs sondages carottés au droit de chaque ouvrage d'art important car on reste toujours dépendant des hétérogénéités d'ordre métrique.

III-3 DONNEES GEOTECHNIQUES SUR LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE VERSANT ET DE FOND DE VALLEE

Il est difficile d'affecter des caractéristiques précises aux formations de pente car une grande partie des versants sont exempts de constructions ou bien portent de simples pavillons dont la construction n'a pas été précédée d'une étude de sol particulière. D'une façon générale on peut dire que la constructibilité de ces versants (sur le simple plan technique de l'aptitude d'un sol aux fondations) est liée à la valeur de la pente, à l'épaisseur et la lithologie des formations superficielles et des formations en place sous-jacentes, à la présence ou non d'une nappe d'eau (émergence de la nappe des Sables de Fontainebleau, nappe de formations superficielles) à la présence ou non d'un ruissellement impor-

tant de surface. Ces facteurs ont été portés dans le Tableau n° 6.

Nous avons considéré que les facteurs pente, lithologie, eau avaient la même importance. On leur a donc attribué des coefficients multiplicateurs identiques, différemment décomposés (voir légende du tableau n° 6). Nous avons ensuite établi une échelle d'appréciation des facteurs (voir légende). Par exemple pour le versant de type I pour lequel les pentes maximales sont de 20 % (voir tableau n° 3) nous avons considéré que le facteur pente était défavorable (valeur 5). Pour le fond de vallée du versant de type VII nous avons considéré que le facteur eau était très défavorable (valeur 15), etc... Pour chaque type de versant nous obtenons donc un total que nous commentons, suivant 3 catégories, par rapport à l'aptitude aux travaux de génie civil, d'une façon schématique. Nous obtenons là un zonage des versants qui sera utilisé dans la carte de zonage pour l'aménagement (voir plus loin).

Par ailleurs, le dépouillement de quelques dossiers d'étude de sol nous permet de faire les observations suivantes (elles concernent surtout les formations de bas de versant et de fond de vallée des versants de type IV, VI, VII, VIII (vallées à encaissement supérieur à 30 m)

III-31. Reconnaissance des sols : Les procédés habituels (sondages, essais de laboratoire, essais in situ) doivent être mis en oeuvre. Les résultats doivent cependant être interprétés prudemment à cause de l'hétérogénéité des formations. Il faut signaler qu'une étude fine de terrain, réalisée au tout début peut apporter des résultats importants sur l'humidité des sols, sur la présence de chemine-

Tableau N°6 Problèmes géotechniques et Types de versants (voir tab. N°3)

Facteur géotechnique \ Type de versant	I	II	III	IV	V	VI Haut de versant	VI Bas de versant	VI Fond de Vallée	VII H	VII B	VII V	VIII H	VIII B	VIII V
Pente x6	5	1	15	2	15	15	2	0	15	2	0	15	2	0
Formations superficielles — Epaisseur x 2	1	2	0	2	0	1	5	5	0	5	2	0	5	5
Formations superficielles — Lithologie x 2	5	2	1	0	1	1	2	5	1	2	5	1	5	5
Formations sous-jacentes — Lithologie x 2	5	5	1	1	1	1	1	2	1	2	5	1	5	5
Formations sous-jacentes — Nappe x3	2	2	0	0	0	0	0	5	0	5	15	0	5	15
Nappe de Form.Sup. (ou de fond de vallée) x3	2	5	0	5	0	0	2	5	0	5	15	0	5	15
Ruissellement x 1	1	2	0	2	2	5	5	0	0	2	0	0	2	0
Aptitude aux travaux de Génie Civil.	T = 65 * *	T = 47 * * *	T = 94 *	T = 35 * * *	T = 96 *	T = 101 *	T = 39 * * *	T = 54 * *	T = 94 *	T = 62 * *	T = 114 *	T = 94 *	T = 74 * *	T = 120 *

Légende

Appréciation des facteurs :
- 15 Très défavorable.
- 5 Défavorable.
- 2 Indifférent.
- 1 Favorable.
- 0 Très favorable.

Coëfficient multiplicateur de pondération :
- Topographie : 6
- Lithologie : 6=2+2+2
- Hydrogéologie : 6 = 3+3
- Ruissellement : 1

Aptitude aux travaux de Génie Civil :
- * (T>80) A déconseiller
- * * (50<T<80) Procédés spéciaux à mettre en oeuvre. (ex: rabattement de nappe, fondations profondes sur pieux.)
- * * * (T<50) Pas de problèmes en général.

ments préférentiels des eaux de ruissellement ou d'écoulements préférentiels de la nappe phréatique que peuvent trahir de simples gouttières à peine marquées dans la topographie, enfin sur la présence de concavités locales sur les pentes avec accumulation possible de limons de pente.

III-32. Exécution des travaux

- Pour des opérations de génie civil peu importantes, on a souvent intérêt à exhausser le sol de fondation plutôt qu'à entailler la pente, même si les fondations doivent prendre appui sur un sol en place.

- Si des opérations de terrassement en déblai sont cependant nécessaires, il faut les limiter au possible pour éviter des glissements en masse des terrains situés au-dessus du fond de fouille. La réalisation de sous-sol se trouve ainsi déconseillée.

- Lorsque la nappe phréatique est à faible profondeur de l'eau peut apparaître dans les fouilles et un drainage est nécessaire. Si les formations intéressées par les travaux sont suffisamment homogènes et à matrice nettement sableuse, il est recommandé de procéder par rabattement de nappe autour de la fouille, par puits ou par rideaux de pointes filtrantes. Il est possible aussi de blinder les fouilles par un rideau de palplanches et de rabattre la nappe par un ensemble de drains. Il est déconseillé de procéder par simple pompage en fond de fouille car l'entraînement des éléments fins et la boulance naturelle du type de sol considéré avec matrice sableuse importante, pourraient compromettre la bonne tenue de la fouille. Par contre, si les formations intéressées par les travaux ont

une matrice marneuse ou argileuse, le pompage en fond de fouille convient et peut même se révéler plus efficace que les autres procédés.

III-33. Aptitude aux fondations

Les caractéristiques mécaniques des sols mesurées par des essais in situ ou des essais en laboratoire doivent orienter le type de fondation et peuvent influer sur les caractéristiques architecturales de la construction.

La réalisation de fondations superficielles encastrées de 1 m seulement est souvent intéressante. Elles évitent les terrassements importants, mettent le plus souvent la construction en dehors de l'influence de la nappe phréatique. Il faut cependant que le sol permette à ce type de fondation de travailler à un taux de travail suffisant. Les calculs, avec des coefficients de sécurité de 3 donnent rarement des taux de travail supérieurs à 2 bars (souvent compris entre 1 et 1,5 bar, parfois entre 0,5 et 1 bar). Nombreuses sont les constructions qui peuvent s'en contenter, par l'intermédiaire de fondations sur semelles carrées, sur semelles filantes ou sur radier général. Cette dernière solution permet en outre d'amortir les tassements différentiels inévitables dans ces types de sol. Dans certains cas un collectage et un drainage périphérique au-dessous de la semelle ou du radier s'avère nécessaire.

Lorsque la construction prévue ne peut s'accomoder de fondations superficielles, il faut recourir à des fondations semi-profondes. Plutôt que la pleine fouille avec semelle, il est recommandé d'utiliser des puits ou pieux

courts de 2 à 3 m de longueur et de fort diamètre (1 m ou 1,50 m) si la nappe phréatique est à faible profondeur (1 à 3 m). Souvent de tels pieux travaillent plus par leur frottement latéral que par leur résistance de pointe. Ces pieux admettent des taux de travail relativement importants de l'ordre de 3 à 4 bars.

Une fondation profonde sur pieux classiques de faible diamètre et de grande longueur (pieux préfabriqués battus ou pieux forés à la boue) peut devenir plus intéressante si la présence de la nappe phréatique et la boulance de formations sableuses ne permettent pas de forer les puits de fort diamètre ou si ceux-ci doivent avoir des longueurs de 5 à 6 m pour supporter les charges prévues. Un tel type de fondation doit être réservé aux seules constructions lourdes.

Dans tous les cas on doit considérer que des blocs ou dalles de grès peuvent être enfouis dans ces formations de pentes (surtout si des blocs existent sur les ou émergent des colluvions). De tels obstacles, que ne franchiraient pas des pieux battus, ne constituent pas des points d'appui valables pour des fondations sur pieux.

III-34. Utilisation des Argiles Vertes de Rominville comme niveau de fondation

Cette formation argileuse (50 à 70 % de particules inférieures à 2 µ) se range, par rapport à la classification de Casagrande, dans la catégorie des "argiles très plastiques"avec un indice de plasticité moyen Ip = 50 % correspondant à une limite de liquidité WL = 80 % et une limite de plasticité WP = 30 %.

Les teneurs en eau naturelle Wo se répartissent entre 25 et γ_d % les densités sèches γ d entre 1,20 et 1,70g/cm^3 et l'on obtient souvent des degrés de saturation voisins de 100 %. Cette formation, quand elle n'est pas fissurée est très imperméable (coefficient de perméabilité K variant entre 10^{-11} m/s et 2 x 10^{-10} m/s.

D'un point de vue mécanique, il s'agit d'une argile surconsolidée (avec une pression de préconsolidation de 2 à 3 bars) possèdant de bonnes caractéristiques mécaniques vis à vis des problèmes de portance et de compressibilité, qui vont en s'améliorant avec la profondeur.

Cependant, ses caractéristiques dépendent principalement des conditions d'affleurement (avec couverture plus ou moins importante de formation superfieielle) et des conditions de circulation de l'eau,surtout quand elle est fissurée. Elles diminuent très fortement avec le remaniement. La présence d'eau en fond de fouille ou la circulation d'eau au contact des fondations entraîne des gonflements et donc par la suite des tassements différentiels. De même, le dessèchement en fond de fouille entraîne un retrait et une fissuration du matériau ce qui a pour conséquence d'amoindrir les caractéristiques mécaniques et de faciliter par la suite les circulations d'eau. C'est pourquoi, après réalisation du fond de feuille dans ce matériau il est important de ne pas le laisser trop longtemps exposé à l'air. (réalisation rapide des fondations ou d'un béton de propreté).

Signalons que bien souvent il est intéressant de traverser les formations sus-jacentes aux Argiles Vertes (formations superficielles, Marnes à Huîtres, Calcaire de Brie) aux caractéristiques mécaniques souvent très hété-

rogènes et très médiocres pour ancrer des pieux ou des puits dans la formation des Argiles Vertes.

III-4. DONNEES CLIMATIQUES

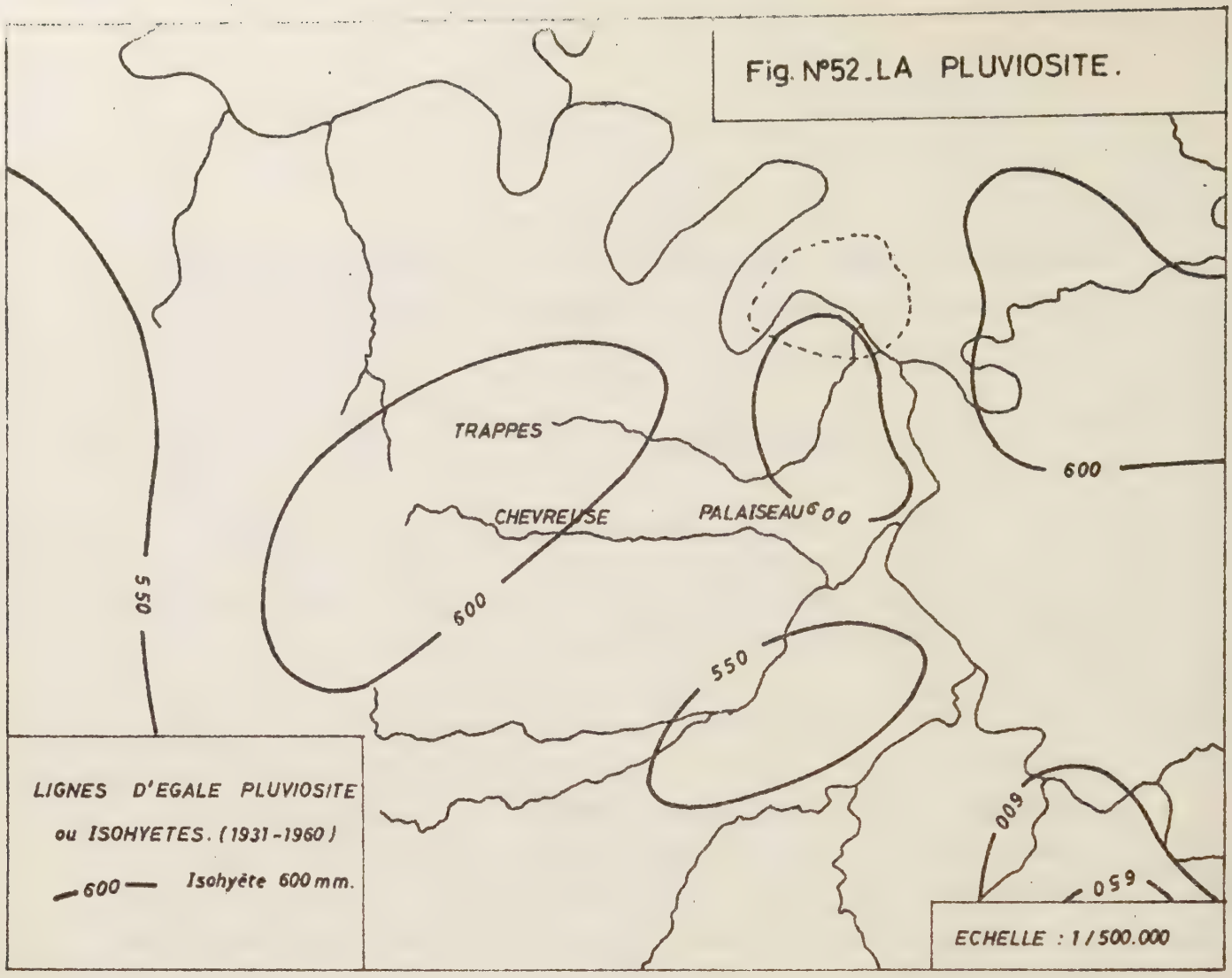
III-41. Caractéristiques générales du climat

Il s'agit d'un climat de régime atlantique avec quelques aspects de type semi-continental.

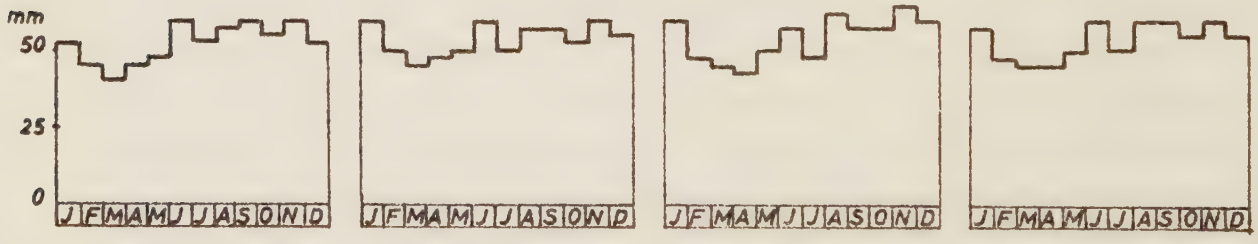
- La pluviométrie. La Fig. n° 52 donne les caractéristiques moyennes de la pluviométrie, établies pour les années 1931 à 1960 ou 1951 à 1970. Il apparaît que les mois secs de l'année (en quantité d'eau tombée) sont Février, Mars, Avril, Mai et Juillet. Ces précipitations sont régulièrement réparties sur l'année avec 161 jours de pluie par an pour Trappes et 150 pour Villacoublay. Aucune différence sensible n'apparaît entre les stations situées sur les plateaux et celles situées dans les vallées.

- Les températures. Elles sont légèrement inférieures à celles de Paris. La moyenne annuelle est de 10,2° à Trappes, 10,4° à Villacoublay (11,5° à Paris Montsouris). Les températures sont assez régulières avec une moyenne en Janvier, mois le plus froid, de 2,7° à Trappes, 2,8° à Villacoublay, et une moyenne en Juillet, mois le plus chaud, de 17,9° à Trappes, 18,2° à Villacoublay. Le nombre moyen de jours de gel par an est plus élevé sur les plateaux éventés (50 à 70 jours) que dans les vallées (40 à 50 jours).

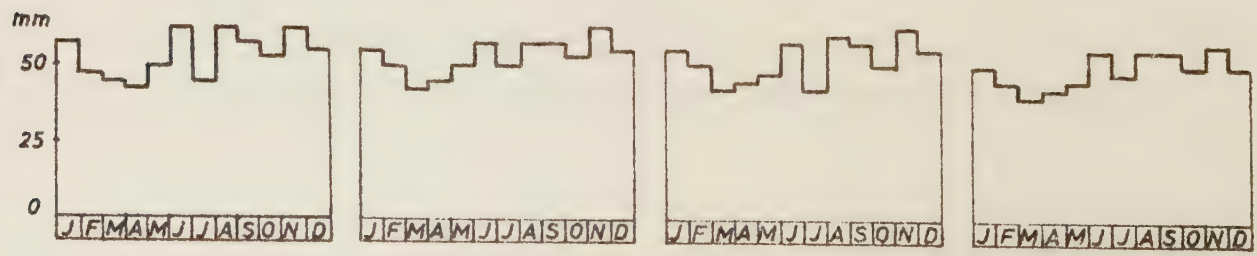
- Les vents. La Fig. n° 53 donne la rose des vents des stations de Trappes et Villacoublay. Le vent est un trait dominant du climat des Plateaux. 8 % des vents ont



TRAPPES Alt : 167	St REMY Alt : 95	GOMETZ Alt : 160	TOUSSUS Alt : 154
Module 624 mm	Module 639 mm	Module 651 mm	Module 645 mm
Moyenne 52 mm	Moyenne 53,2 mm	Moyenne 54,2 mm	Moyenne 53,7 mm

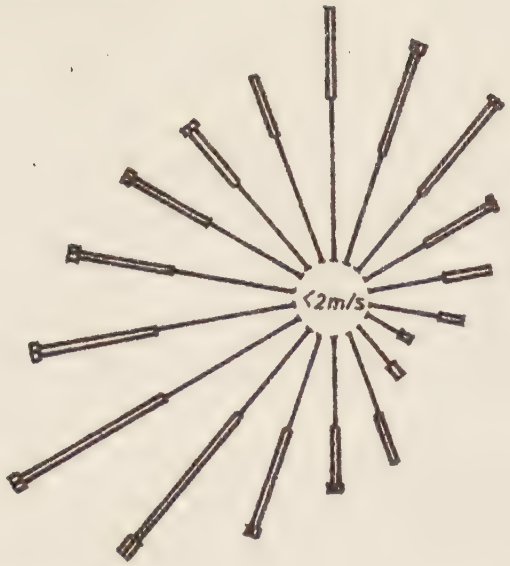


SACLAY Alt : 155	JOUY Alt : 86	IGNY Alt : 74	VELIZY Alt : 174
Module 640 mm	Module 632 mm	Module 627 mm	Module 593 mm
Moyenne 53,3 mm	Moyenne 52,7 mm	Moyenne 52,2 mm	Moyenne 49,4 mm



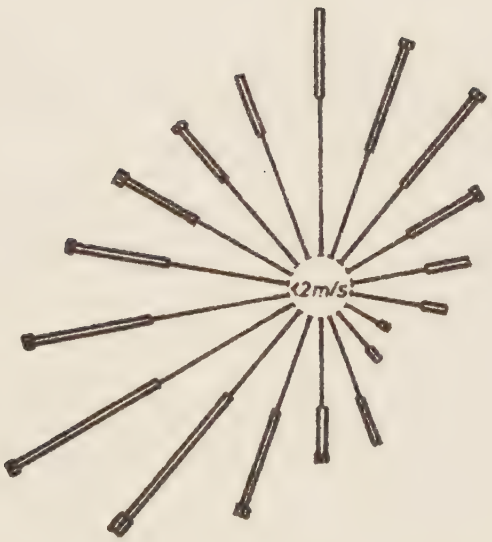
MODULES PLUVIOMETRIQUES ET MOYENNES DES HAUTEURS DE PRECIPITATIONS MENSUELLES DE 8 STATIONS.

Fig.N°53.LES VENTS.



N

TRAPPES.



VILLACOUBLAY.

Fréquences moyennes en % des vitesses de vent en fonction des directions.

——— vitesse de 2 à 4 m/s.

═══ " 5 à 9 m/s.

≡≡≡ " ⩾ à 10 m/s.

2% 10%

des vitesses supérieures à 10 m/s (36 km/h) contre seulement 0,5 % à Paris-Montsouris. Des pointes de 42 m/s (150 km/h) ont été enregistrées en Décembre 1955. Les vents dominants viennent du S.S.W, S.W., W.S.W. et N.E. Les vallées sont naturellement plus abritées que les plateaux.

- L'hygrométrie ; elle est relativement constante et assez forte avec 82 % d'humidité relative de l'air à Trappes, 81 % à Villacoublay (76 % à Paris-Montsouris).

- Les brouillards : ils ne se manifestent qu'en automne et en hiver et sont plus fréquents dans les fonds de vallée que sur les plateaux éventés, avec, par an, 61 jours de brouillard à Trappes, 79 à Villacoublay (42 à Paris-Montsouris).

- La grêle. Il en tombe 3 jours et demi en moyenne par an, à Trappes comme à Villacoublay.

- La neige : elle est peu abondante et persiste rarement : 17 jours par an à Trappes, 18 à Villacoublay (14 à Paris Montsouris).

- La durée moyenne d'insolation : elle est de 1646 h par an à Trappes, avec un minimum de 37 h en Décembre et un maximum de 230 h en Juin.

- Les orages: ils sont assez fréquents de Mai à Septembre On a relevé en moyenne 13 jours par an à Trappes, 16 jours à Villacoublay.

III-42. Les microclimats

Le nombre assez restreint de stations météorologiques ne nous permet pas de les définir précisément. Il existe

cependant une opposition très nette entre les plateaux et les fonds de vallée pour ce qui concerne les nombres de jours de gel et de brouillard, et pour le régime des vents. Par ailleurs, l'existence de ces microclimats est bien admise par le bon sens paysan. Ainsi, dans les monographies communales de 1899, M. VATAN indique que Magny-les-Hameaux, village de plateau, jouit d'un climat sain qui le préserve en partie des épidémies. Il explique que l'air y est plus sec et plus fréquemment renouvelé que dans les vallées avoisinantes (St-Lambert, Milon-la-Chapelle, St-Rémy les Chevreuse). On sait aussi que ce qui a déterminé l'abandon de l'abbaye de Port-Royal des Champs (en fond de vallée) par les religieuses a été la fréquence de ces épidémies.

III-43. Conclusion

2 traits principaux susceptibles d'être pris en compte par des aménageurs apparaissent.

- La fréquence et la force des vents, d'orientation dominante S.W-N.E. Ils doivent être pris en compte dans les calculs de structure d'immeubles de grande hauteur. Ils peuvent entrer en considération dans la réalisation des plan-masse (orientation des rues, agencement des immeubles entre eux).

- L'opposition plateau-vallée.

III-5. DONNEES SUR LA VALEUR AGRICOLE DES TERRES, LA COUVERTURE VEGETALE, LES ZONES HUMIDES, LA PERCEPTION DES PAYSAGES

III-51. La valeur agricole des terres

Le Nord du Hurepoix appartient à l'une des régions les plus fertiles de France où les conditions physiques ont permis une vie agricole active. D'autre part, l'importance du marché offert par l'agglomération parisienne a favorisé le développement de la production agricole (cultures céréalières, maraîchères, arboricoles).

En 1971, La Mission d'Etude et d'Aménagement Rural, s'appuyant sur des études pédologiques et agronomiques, classe les sols des plateaux de Trappes-Saclay parmi les terres de très bonne qualité, ceux des plateaux de Limours, Magny-Les-Hameaux, Neauphle-Le-Château, Coignières, Le Mesnil-Saint-Denis, parmi les terres de bonne qualité, ceux des bordures de plateau et du plateau des Essarts-Le-Roi tout entier parmi les terres de qualité moyenne. Les sols des fonds de vallée et de la plupart des versants sont classés parmi les terres médiocres. Seuls les sols des versants très pentus sont classés parmi les terres très médiocres. Tous les sols, en se limitant même aux plateaux, n'ont donc pas la même valeur agricole, leur fertilité étant généralement d'autant plus grande que les limons sont plus épais. C'est là un élément dont il faut tenir compte dans une perspective d'aménagement régional soucieux de maintenir la vocation agricole de certaines terres. Il est en effet évident que si l'on veut délimiter des espaces ruraux à protéger, il faut leur réserver les meilleurs sols.

Cependant, la vocation agricole d'un terroir n'est pas définie par la seule valeur agricole des sols. Elle dépend d'autres facteurs parmi lesquels la structure économique des exploitations pour n'en citer qu'un. On sort là des composantes du milieu physique, et l'on devine la complexité des problèmes.

Remarquons par ailleurs qu'en protégeant ces zones rurales on ne donne pas aux agriculteurs une seule fonction de production. En effet, ils sont aussi les meilleurs gérants du milieu naturel.

III-52. La couverture végétale

Elle constitue l'une des composantes les plus spectaculaires du milieu naturel et l'on connaît les rôles importants joués par les massifs forestiers. Du point de vue écologique la forêt protège et régénère les sols, elle a une influence bienfaisante sur la qualité de l'air et contribue à la régulation des eaux. Elle tempère les variations de climat et fournit un refuge à la flore et à la faune sauvage. Du point de vue économique et social, la forêt a une fonction de production (exploitation rationnelle de la forêt, industries dérivées), et est donc source d'emploi. Enfin, du point de vue de l'équilibre humain, elle offre la détente et le repos aux citadins avides de nature qui la fréquentent de plus en plus.

La carte topographique I G N au 1/25.000 donne avec quelque précision les différents types de couverture végétale et leur répartition. Ainsi les bois et les forêts occupent généralement les sols les plus pauvres, impropres à l'agriculture (bordures des plateaux et zones où le limon

est peu épais, versants en pentes fortes). L'Office National des Forêts a étudié plusieurs massifs forestiers en vue de définir les zones les plus intéressantes à protéger en même temps que les procédures d'acquisition et les mesures d'entretien pour le futur (massifs forestiers de la Bièvre, de la Mérantaise, de la haute vallée de l'Yvette. La nature des peuplements forestiers est prise en compte ainsi que le type de propriété (forêts domaniales, communales ou privées), qui commande directement les possibilités d'acquisition. Le morcellement des propriétés constitue très souvent le frein le plus important dans ces procédures d'acquisition.

Il est donc évident que dans la perspective d'une urbanisation croissante il faut réserver le plus grand nombre possible d'espaces forestiers, en définir le type de protection (réserve naturelle) ou d'aménagement (zones de promenades, de loisirs) ainsi que le type d'entretien. En particulier, toutes les lisières de forêt à proximité d'une zone urbanisée devraient être considérées comme de véritables parcs urbains et mériter l'entretien correspondant.

III.53. Les zones humides : étangs, marais, tourbières.

Longtemps controversées, on s'aperçoit aujourd'hui qu'elles jouent un rôle fondamental dans l'équilibre naturel. Ces zones humides participent à la régulation des eaux, absorbant celles-ci en période de pluie, les restituant lentement en période de sècheresse. Elles jouent un rôle très important dans la sauvegarde des espèces animales et surtout de l'avifaune pour laquelle ces zones constituent des aires de reproduction, d'hivernage ou simplement

d'escale en particulier pour les espèces migratrices. Enfin, il s'agit aussi pour enfants et adultes de zones primordiales sur le plan récréatif et éducatif.

On doit donc, pour ces étangs et marais, mettre en oeuvre des mesures de protection sérieuse par classement en réserve naturelle par exemple, chaque fois que cela est possible. On peut ainsi espérer pour l'étang de Saint-Quentin dont la partie Est a été aménagée en base de loisir que sa partie Ouest sera protégée, interdite au public et classée en réserve naturelle. Il s'agit en effet d'une escale très fréquentée par les oiseaux migrateurs (hérons en particulier) qui se situe sur un axe migratoire important.

De même d'autres étangs mériteraient de telles mesures surtout celui de la Verrière déjà bien encerclé par l'urbanisation et la partie Ouest de celui de Saclay.

III-54. La perception des paysages

Il serait ambitieux de vouloir définir une perception des paysages, très variable suivant les individus et suivant les époques. Cependant, il nous semble que celle-ci dépend surtout des horizons qui se découvrent à la vue, de la végétation, des formes de terrain, de l'agencement (créant l'harmonie) et souvent de l'opposition (créant le contraste) de différents éléments entre eux, de la valeur esthétique de certaines constructions et du caractère historique qui peut s'y rattacher, de l'unité et du pittoresque de certains villages. Nous avons donc tenté de dresser une liste de différents éléments du paysage méritant d'être protégés ou aménagés et dont l'urbanisation qui vient devrait tenir compte.

- Il existe des points de vue d'où l'on découvre de larges espaces ruraux qui se perdent dans le lointain, perception de plus en plus rare dans la Région Parisienne. Il s'agit du N.W. de la zone étudiée, bordures de plateaux quand les bois sont absents et versants aux alentours de Plaisir, Neauphle-Le-Château, Jouars-Ponchartrain d'où l'on découvre la Plaine de Versailles, le Mantois, la Forêt de Beynes, etc... Cette perception contraste fortement avec les horizons rapprochés que l'on découvre habituellement sur les plateaux. Il nous semble donc nécessaire d'éviter une privatisation trop importante des zones privilégiées d'où l'on a ces points de vue.

- De nombreuses vallées ont gardé un caractère rural qu'il est souhaitable de conserver, et présentent souvent une morphologie agréable à l'oeil : doux valbnnements des versants en pente faible portant des cultures, , versants en pente forte portant des bois. Il s'agit principalement des cours supérieurs de l'Yvette, du Ru des Vaux de Cernay, de la Mauldre, du Ru de Pommeret, du Rhodon, de la Mérantaise. Ces vallées offrent des promenades très agréables. Certains points de vue permettent de les découvrir dans leur ensemble (le long de la D 36 au Nord de Chateaufort, point de vue sur la haute Mérantaise et ses bois qu'aucune route n'emprunte encore).

- Les parties amont des rivières et ruisseaux, à la limite des plateaux, constituent des sites intéressants d'où l'on voit s'ébaucher les vallées et s'opposer bois et cultures sur les versants. Dans le passé plusieurs hameaux ou fermes ont choisi ces endroits privilégiés pour s'implanter: ferme de Troux (Commune de Guyancourt), ferme de Trou Salé, (Commune de Toussus Le-Noble), ferme de Valence (Commune de Dampierre), hameau de Trotigny (Commune de Chevreuse).

Les perceptions du paysage que l'on a à partir de ces 4 endroits, vue sur la vallée vers l'Est ou le S.E., horizon proche du plateau vers l'Ouest ou le N.W., sont tout à fait semblables. Il a été décidé de profiter d'un tel site (les alentours de la ferme de Troux) pour implanter le centre ville principal de la Ville Nouvelle de Saint-Quentin en Yvelines.

- L'exploitation passée des grès des Sables de Fontainebleau a laissé de nombreuses carrières au milieu des bois, en bordure de plateau, à demi envahies aujourd'hui par la végétation. Il s'agit de sites très particuliers, tout à fait aptes à être aménagés en zones de loisirs. (Carrière du Bois Persan au S.E. d'Orsay, Carrières du Bois des Grais au N.W. de Gif-sur-Yvette, Carrières du Bois de Maincourt au N.W. de Maincourt-sur-Yvette, Carrières du Bois des Maréchaux au N.W. de Cernay-La-Ville).

- Les grès donnent sur certains versants des chaos d'un intérêt touristique évident. Si les chaos du Ru des Vaux de Cernay sont bien connus, de nombreux autres méritent l'attention (chaos des "Roches" et petite platière au N.W. de Senlisse, chaos du cours supérieur de l'Yvette entre Dampierre et Girouard, chaos du Bois des Roches au N.W. de Chateaufort, etc...).

- Sur les plateaux, la position des lignes de crête par rapport à l'observateur commande très fortement la perception des paysages : sentiment d'étouffement en contrebas de ces lignes de crête du fait d'un horizon très proche (par exemple, D 36 entre Villiers-Le-Bâcle et Chateaufort, D 195 entre Magny-Les-Hameaux et Villeneuve), sentiment de bien-être sur ces lignes de crête (par exemple D 91 près de Buloyer avec l'impression d'être au centre

d'une immense clairière). Si ces considérations dépendent de la position de l'observateur, en hauteur, par rapport au sol, il nous semble cependant qu'il s'agit de facteurs à prendre en compte dans les décisions des urbanistes.

- Sur plusieurs des plateaux, et surtout celui de Trappes-Saclay existent de nombreux boqueteaux appelés remises qui introduisent un élément de diversion dans la monotonie de ces plateaux. Il nous semble nécessaire de les respecter le mieux possible. De même certains arbres isolés ou groupes d'arbres autour de mares, par le contraste qu'ils créent dans une plaine rurale, ont une grande valeur (par exemple l'"Orme au Berger" au S.W. de Magny-les-Hameaux).

- On connaît par ailleurs l'importance de l'héritage historique de toute cette région (châteaux, abbayes, ...) Il nous semble que si chacun de ces édifices doit être protégé, il importe également de veiller sur son environnement. Actuellement l'abbaye de Vauhallan (qui offrait un très joli spectacle depuis la "route de Beauregard" qui monte de Gommonvilliers à l'abbaye de Limon) perd tout son pittoresque par l'urbanisation qui, partie de Gommonvilliers, envahit tout le ru de Vauhallan.

- Enfin, nombreux sont les villages ou hameaux si caractéristiques avec leurs habitations en meulière. Il serait bon, plutôt que de les laisser se noyer dans une urbanisation pavillonnaire anarchique, que les communes qui les abritent contrôlent leur croissance et favorisent, par exemple, un développement plus lent et plus harmonieux aux abords immédiats de chacun de ces centres de vie.

CONCLUSION GENERALE

I - PRESENTATION DE LA CARTE DE ZONAGE GEOTECHNIQUE POUR L'AMENAGEMENT

Notre carte de zonage est la synthèse et la conclusion de ce travail. Elle a été établie à partir des données rassemblées dans les chapitres précédents et livrées sous forme cartographique. Les principales cartes utilisées sont ainsi :

. La carte des pentes et des bassins versants (1/25.000)
. La carte des épaisseurs des limons des plateaux (1/50.000)
. La carte des grès (1/50.000)
. La carte du toit des Sables de Fontainebleau (1/50.000)
. La carte n° 13 des Marnières (1/100.000)
. Les cartes n° 7 et n° 8 de la nappe de l'Oligocène (1/100.000)
. La carte n° 5 du toit des Argiles Vertes de Romainville (1/100.000).

Cependant la carte de zonage s'appuie principalement sur la carte des pentes et des bassins versants, ce qui est la conséquence logique de notre chapitre II où nous avons étudié la morphologie de la région et ses rapports avec la géologie. Dans le cas d'espèce c'est en effet la géomorphologie qui nous a semblé apporter les éléments déterminants pour accéder à une description précise et synthétique de la région donc à un zonage.

Ce zonage nous a conduit à définir 12 zones (voir

tableau n° 7 et Carte hors texte). Sur les plateaux 6 zones regroupées en 3 zones principales ont été distinguées : les zones de ligne de crête a1, a2, a3, les zones basses : a4, et les zones de bordure des plateaux a5, a6. Les valeurs des pentes, la nature des formes de terrain, (convexes ou concaves), les épaisseurs des limons ont servi à caractériser ces zones.

Sur les versants et dans les fonds de vallée, 6 autres zones regroupées elles aussi en 3 zones principales ont été distinguées : les zones de versant en forte pente b1, les zones de versant en pente douce b 2, b3 et les zones de fond de vallée b4, b5, b6. Les valeurs des pentes et des encaissements des cours d'eau, les niveaux d'affleurement de la nappe de l'Oligocène et des Argiles Vertes de Romainville ont servi à caractériser ces zones.

Par ailleurs, ont été indiqués en surcharge :

. 2 zones à l'intérieur desquelles l'épaisseur mouillée du réservoir de la nappe de l'Oligocène est supérieure à 40 m.

L'ouverture de nouveaux puits et les pompages y sont encore possibles, mais ceux-ci doivent être règlementés et le niveau piézométrique de la nappe doit être contrôlé.

. une zone à l'intérieur de laquelle les formations de l'Eocène moyen et supérieur sont très souvent gypseuses ou partiellement gypseuses. La présence de vides karstiques y est possible. On doit en tenir compte pour des ouvrages lourds s'y appuyant.

. les zones où l'épaisseur des Marnes de Trappes est la

plus importante et où le risque de trouver des marnières est donc le plus grand. Il s'agit des zones d'alignements de points bas du toit des Sables de Fontainebleau et des flancs des ondulations de ce toit. De plus, les endroits des plateaux où l'existence de marnières est certaine (marnières reconnues) ou très probable (nom de lieu-dit) ont été indiqués par une lettre M.

. Les étangs artificiels et les zones marécageuses sur les plateaux ou dans les fonds de vallée, les groupes de mares les plus importantes sur les plateaux, les anciennes carrières de grès en bordure des plateaux, les plus importants chaos de grès sur les versants ont également été indiqués.

Pour chacune des 12 zones définies précédemment, nous avons donné des caractéristiques moyennes à l'intérieur des rubriques suivantes :

. Description des zones et morphologie
. Lithologie et épaisseur des formations superficielles et proches de la surface
. Ruissellement, eaux stagnantes, hydrogéologie
. Caractéristiques géotechniques des formations superficielles et proches de la surface
. Occupation des sols et observations diverses.

Remarquons que pour certaines de ces rubriques (lithologie, caractéristiques géotechniques) nous n'avons pas pu distinguer toutes les zones entre elles, faute d'informations précises. Remarquons par ailleurs que le report à la carte de toit des Sables de Fontainebleau, à la carte des épaisseurs des limons, et à la carte topographique permet d'obtenir les épaisseurs cumulées de la

formation de Beauce et des Sables de Lozère et d'avoir une idée de l'épaisseur des Marnes de Trappes. Nous n'avons pas fait intervenir ces facteurs dans le zonage car il ne conduisait pas à des zones suffisamment différenciées.

Quelques utilisations possibles de ce zonage ont enfin été données. Pour chacune des 12 zones ont été indiquées

. des aptitudes à des travaux de génie civil : fondations terrassements, réemplois des matériaux.

. des aptitudes à différents types d'aménagement : zones constructibles, zones à protéger ou susceptibles de devenir des bases de loisirs, etc... Il faut insister sur le fait que ces aptitudes ne prennent en compte que les seuls aspects techniques liés au milieu physique et qu'il faut les confronter avec les données économiques, sociologiques, politiques, ce qui sort de notre sujet.

II - EN GUISE DE CONCLUSION

Le travail entrepris, se situant dans le cadre d'un aménagement régional devrait orienter plusieurs types de choix : urbanisation de certains sites, tracés d'autoroutes, conservation d'espaces ruraux ou de zones boisées, gestion d'une nappe d'eau, etc... Nous avons ainsi proposé une méthode concrète d'analyse du milieu physique. Sans vouloir définir une méthodologie très directive qui en fait doit s'adapter à chaque cas d'espèce, nous avons étudié les facteurs suivants :

- la morphologie : topographie, pentes, lignes de crête,

réseau hydrographique (Chap. II.1).

- la lithologie du sol et du sous-sol : épaisseur et nature des formations géologiques, hétérogénéités de celles-ci, vides karstiques ou artificiels (Chap. I.1 et II.2).

- l'eau : drainage, ruissellement ou stagnation des eaux, importance des nappes d'eau (Chap. I.2).

Après ces trois facteurs de base, les facteurs suivants ont également été considérés.

- les caractéristiques géotechniques des sols, en rapport avec les problèmes de stabilité et de tassement posés par les constructions (Chap. III.2 et III.3).

- les conditions climatiques (Chap. III.4).

- la couverture végétale et l'existence de zones humides, la valeur agricole des sols, la perception des paysages (Chap. III.5).

Sans doute les problèmes d'écologie animale et végétale et les problèmes de pollution mériteraient-ils d'être également étudiés à ce stade.

Dans une dernière phase de synthèse, l'ensemble de ces facteurs a été pris en compte dans l'élaboration d'une carte de zonage destinée avant tout aux aménageurs et urbanistes.

On peut se demander si une telle carte peut concerner directement l'aménagement d'une région si proche de Paris pour laquelle la plupart des choix économiques, urbanis-

tiques et touristiques sont déjà faits. Nous pensons que oui parce que plusieurs de ces choix seront fatalement remis en question à moyen ou long terme et particulièrement les choix concernant la protection de certains espaces ruraux ou boisés, et parce que d'autres choix sont encore à faire.

Cependant, il est nécessaire de reconnaître 2 points essentiels. D'une part, une telle analyse ne peut être menée par une seule personne qui ne peut étendre ses compétences à l'ensemble des composantes du milieu physique. Cette analyse devrait être menée par une équipe pluridisciplinaire qui serait constituée des spécialistes suivants : un géographe-géomorphologue, un géologue-géotechnicien, un hydrogéologue, un pédologue-botaniste, un spécialiste des pollutions.

D'autre part, une telle étude ne peut être menée par un groupe isolé, sans contact avec les spécialistes chargés d'élaborer les documents d'urbanisme : Schémas Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (S.D.A.U), Plans d'Occupation des Sols (P.O.S.), Plans d'Aménagement Rural (P.A.R.) ou chargés de veiller à la protection des sites.

On doit souhaiter que soit officialisée la participation de telles équipes aux groupes chargés d'élaborer les plans d'aménagement.

BIBLIOGRAPHIE

Les documents cités ou consultés ont été groupés en 4 rubriques :

A) Géologie appliquée au génie civil ou à l'aménagement. Cartes géotechniques.

B) Le Bassin de Paris (géologie principalement)

C) Le S.W. de Paris (documents concernant plus directement la zone étudiée).

D) Méthodes d'étude - Divers.

A) GEOLOGIE APPLIQUEE AU GENIE CIVIL OU A L'AMENAGEMENT CARTES GEOTECHNIQUES.

AKADEMIAIKIADO (1974).- Man and environment - Budapest, 245 p.

ANTOINE P. et LETOURNEUR J. (1973) - Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques - Leur utilité pour l'aménagement de la montagne. -
Rev. de Géog. alpine, t. L XI, fasc. 1, pp. 231-245

ARNOULD M. (1967) - La Géologie de l'Ingénieur
Annales de l'ITBTP - Série Sols et fondations.
n° 231-232. Mars-Avril 1967

ARNOULD M. (1969) - Aspects géologiques des problèmes d'urbanisme.
Annales des P et C, n° V - Septembre-Octobre 1969, pp. 261-268.-

ARNOULD M., VANTROYS M. (1970) - Essai de cartographie géotechnique automatique sur la ville nouvelle d'Evry (Région parisienne).
1er congrès international de l'AIGI. Paris 1970. pp. 1069-1080.

BAGARRE E., BAUDRY D. (1970) - Le dossier géotechnique de la ville de Clermont-Ferrand.
1er Congrès Int. de l'AIGI. Paris 1970, pp. 980-991.

BRUNET R. (1974) - Analyse des paysages et sémiologie ; Elémentspour un débat.
L'espace géographique, n° 2 - Doin, Paris - pp. 120-126.

CAMPINCHI J. et HUMBERT M. (1971) - Carte de zonage géotechnique. Région de Mantes. B.R.G.M. Orléans.

CHAZAN W. (1974) - Le plan Zermoss - Prévision des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol et prévention de leurs effets. Annales des Mines - Paris pp. 37-46.

DEARMAN W.R. et FOOKES P.G. (1974) - Engineering geological mapping for civil engineering practice in the united kingdom. Q. Jl. ngng . Geol. Vol. 7 - pp. 223-256.

DOLLFUS O. (1973) - L'espace géographique - Coll. Que sais-je ? - P.U.F. 126 p.

DUCLOS G. (1973) - Appréciation de l'aptitude à la mise en valeur des sols de Provence. L'Irrigant n° 60 - Société du Canal de Provence, pp. 16-32.

FALQUE M. (1972) - Pour une planification écologique - L'Irrigant, n° 59 - Société du Canal de Provence, pp. 4 - 21.

FALQUE M., PORTIER, DUCLOS G. (1973) - Pédologie et planification écologique - L'Irrigant n° 60 - Société du Canal de Provence - pp. 1-15 .

FREMONT A. (1974) - Les profondeurs des paysages géographiques - L'espace géographique, n° 2, Doin-Paris, pp. 127-136.

GAMBINI B. et SANCHE B. (1974) - Etude du milieu naturel dans le cadre de l'aménagement urbain. Fasc. 1 : Introduction générale 23 p. ; fasc. 2 ; Le cas de la ville nouvelle du Vaudreuil : 22 p.; fasc. 3 : Saint-Quentin-en-Yvelines : 50 p. Cartes - Travail de fin d'études de l'E.N.P.C. Paris.

GAZEL J. et PETER A. (1969) - Essais de cartographie géotechnique. Annales des Mines, Déc. 1969 - pp. 41-60.

GHISTE S. (1969) - Carte géotechnique de la région de Mons. Lab. de Mec. des Sols. Institut Reine Astrid. 44 pages, 4 cartes. (IRAM).

GHISTE S. (1970) - La carte d'interprétation géotechnique de la région de Mons (Belgique). Problèmes et solutions. 1er Congrès Int. de l'AIGI. Paris 1970, pp. 904-915.

GIGAN J.P. (1973) - Essai de cartographie géotechnique. Région de la Défense et boucle de Gennevilliers (Hauts-de-Seine). Thèse, 230 p.

GOLODKOVSKAYA G.A., KOLOMENSKII N.V., POPOV I.V., CHURINOV M.V. (1968) - Engineering geological Mapping in the URSS. XXIIIe Congrès international de Géologie. Vol. 12 pp. 57-64.

GOUNON A. (1970) - Carte d'orientation géotechnique de la région de Tigery - Lieusaint. (Essonne - Seine-et-Marne).
1er Congrès Int. de l'AIGI, Paris 1970 - pp. 942-949

HUMBERT M., JEANNETTE A. (1962) - Les cartes géotechniques : quelques principes de réalisation.
Revue Géol. Maroc, n° 1, 2, pp. 67-74.

HUMBERT M. (1969) - Eléments nécessaires à l'élaboration des cartes d'aménagement du territoire.
BRGM - Chronique du Dpt Géotechnique n° 4.

HUMBERT M. (1970) - Aptitude des terrains au développement urbain et industriel.
1er Congrès int. de l'AIGI. pp. 950-959.

HUMBERT M. (1972) - Notice explicative de la carte de Clermont-Ferrand au 1/50.000 et son application à l'aménagement et à l'urbanisation de la région clermontoise -
BRGM 47 p. Cartes.

KOMORNIK A., DENEKAMP S., AISENSTEIN B. (1970)
Urban geotechnical mapping in Israël.
1er Congrès International de l'AIGI. Paris 1970.
pp. 916-929.

LABASSE J. (1966) - L'organisation de l'espace.
Hermann, Paris. 605 p.

LEGGET R.F. (1973) - Cities and geology -
Mc GrawHill Book Company. 624 p.

LETOURNEUR J. et MICHEL R. (1971) - Géologie du génie civil. Edit. Colin 727 p.

LYNCH K. (1971) - Site Planning.
M.I.T. Press. Cambridge, 384 p.

LUCAS A. (1973) - Une échelle de cotation des milieux naturels. Revue Penn ar bed, n° 72, pp. 1-5.

MASSON M. (1970) - Cartographie géotechnique de l'agglomération rouennaise.
1er Congrès international de A.I.G.I. Paris, 11 p.

MASSON M. (1972) - Utilisation de la géomorphologie dans les études de sites à urbaniser.
Bull. Liaison L.P.C. Nov-Déc. 1972, n° 62 - p. 59 sq.

MILLIES-LACROIX A. (1969) - Géotechnique et mécanique des sols.
Rev. de géom. dyn. t. XIX, n° 1, pp. 1-8

MINISTERE DE LA PROTECTION DE LA NATURE ET DE L'ENVIRONNEMENT (1973) : Monsieur le Maire et l'Environnement.
Edit. La Source d'Or. Riom. Fiches de Documentation

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT et du LOGEMENT - Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme.
Paris, 15 p.

PETER A. (1966) - Principes de réalisation des cartes géotechniques. Etude bibliographique.
B.R.G.M. Rapport Inédit.

POULIT J. (1973) - Le problème urbain : ses dimensions, ses méthodes. Rev. génér. des routes et des aérodromes. fasc. n° 1.

RAGUENEL A. de (1973) - Une expérience de fichier géotechnique sur ordinateur.
Bull. de liaison des Labo. des P. et Ch. n°67 - pp. 71-84.

RIMBERT S. et VOGT H. (1974). Les orientations actuelles de la cartographie thématique. L'espace géographique n° 1, Doin - pp. 69-80.

SANEJOUAND R. (1972) - La Cartographie Géotechnique en France.
Publication du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. 96 p.

SIMARD R. (1973) - Essai de cartographie géotechnique. Ville Nouvelle de Cergy-Pontoise. Thèse - 197 p.

STAMATELLO H. (1965) - Une carte géologique de la ville de Varsovie, à l'usage des urbanistes.
Rev. Géog. phys. et géol. dyn. Paris. Vol. VII, fasc. 1 - pp. 3-10.

TARLET J. et WALLEIX F. (1972) - Un cas d'application de la planification écologique. L'étude de Toulon-Est. L'Irrigant, n° 59, Société du Canal de Provence, pp. 23-52

TERZAGHI, K. et PECK R.B. (1961) - Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment. Dunod 561 p.

TRICART J. (1973) - La géomorphologie dans les études intégrées d'aménagement du milieu naturel.
Annales de géographie, t. LXXXII - n° 452, pp. 421-453.

UNIVERSITE DE LIEGE (1969) - Cahier du Sart. Tilman (numéros 2 et 3).

UNIVERSITY of MASSACHUSSETTS (1973) - Model for landscape resource assessment - Research Bulletin n° 602 - 126 p.

VANTROYS M., CAMINADE D., COUREAU D. (1969) - Essai de cartographie géotechnique automatique.
ENSMP. Paris 83 p.

VOGT J. (1973) - La cartographie des formations superficielles en France.
Bull. du BRGM (2e série) - Section IV, n° 3, pp. 142-147.

B) LE BASSIN DE PARIS (GEOLOGIE PRINCIPALEMENT)

ABRARD R. (1925) - Le Lutétien du Bassin de Paris.
Thèse Angers ; 388 p.

ABRARD R. (1950) - Géologie régionale du Bassin de Paris, Payot, 397 p.

ALIMEN H. (1936) - Etude sur le Stampien du Bassin de Paris. Mém. Soc. géol. France, N.S. t. XVI, 1, Mém. n° 31, 310 p.

ALIMEN H. et DEICHA G. (1958) - Observations pétrographiques sur les meulières pliocènes. Bull. Soc. géol. France (6), t. 8, pp.77-90.

ALLORGE P. (1922) - Les associations végétales du Vexin français, 1 vol. Nemours, 335 p.

AUDRIC T. (1973) - Contribution à l'étude géologique et géotechnique des limons de plateau de la région parisienne.
Thèse, Paris, 138 p.

AUZEL M. (1931) - Premiers résultats d'une étude des meulières du Bassin de Paris. Rev. géogr. phys. et géol. dyn. vol. III, fasc. 4, pp. 303-362.

BELLAIR P., POMEROL C. et PROST A. (1962) - Les hamadas tertiaires du Bassin Parisien C.R. Acad. Sc. Paris, sér. D., t. 255, pp. 2479-2480.

BERTOUILLE H. (1964) - Le phénomène de ferruginisation des Sables de Fontainebleau.
Bull. A.F.E.Q. n° 1, pp. 76-84.

BLONDEAU A., CAVELIER C., FEUGUEUR L., POMEROL C. (1965). Stratigraphie du Paléogène du bassin de Paris en relation avec les bassins avoisinants .
Bull. Soc. géol. de France (7), VII, pp. 200-221.

BLONDEAU A. (1965) - Le Lutétien des Bassins de Paris, de Belgique et du Hampshire. Etude sédimentologique et paléontologique.
Thèse Paris.

BLONDEAU A. (1970) - Le Calcaire grossier du bassin de Paris.
Bull. BRGM Section II, n° 4, pp. 7-17

BOULAINE J. (1970) - Les Sols de France.
Que sais-je. P.U.F.

BORDES F. (1950) - Sur les phénomènes de cryoturbation observés dans le loess du Bassin Parisien.
C.R.S.G.F. n° 3 pp. 35-37.

BORDES F. (1969)
Le loess en France. VIIIe Congrès international de l'INQUA.
Bull. de l'A.F.E.Q. Paris - pp. 69-76.

BOURDIER F. (1967)
Aperçu sur la stratigraphie des limons quaternaires du Bassin de Paris.
Bull. A.G.B.P. n° 13, pp. 185-186.

BOURNERIAS M. (1968)- Guide des Groupements végétaux de la région parisienne.
SEDES, Paris, 290 p.

BRICON, DESPREZ, DIFFRE, MEGNIEN, RAMPON, TURLAND (1965) "Carte structurale du toit de la craie de la Région Parisienne", B.S.G.F. (7) t. VII - pp. 314-318.

B.R.G.M. (1971) - La tectonique du Bassin de Paris - Bull. B.R.G.M. 2ème série, n° 2 et 3. 208 p.

CAHIERS DE L'INSTITUT D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME DE LA REGION PARISIENNE (1972) - Les espaces naturels en région parisienne. 79 p.

CAILLEUX A. (1948) - Carte des actions périglaciaires quaternaires en France.
C.R. Coll. Cart. géol. France, t. XLVII, n° 225, pp. 1-7.

CAILLEUX A. (1956) - Mares, mardelles et pingos.
C.R. Acad. Sc. Paris, tome 242 pp. 1912-1914.

CAYEUX L. (1906) - "Structure des grès du Tertiaire parisien". Etude des gites minéraux de France, Paris. 160 p.

CAYEUX L. (1929)- Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. Mém. Cart. géol. France, Paris, 696 p., 30 pl.

CAVELIER C. (1969) - La limite Eocène - Oligocène - Colloque sur l'Eocène, Paris. Vol. III, Mém. B.R.G.M., n° 69 - pp. 431-437.

CHALINE J. (1972) - Le Quaternaire. Doin édit. 338 p.

CHOLLEY A. (1943) - Recherche sur les surfaces d'érosion et la morphologie de la région parisienne - 3 parties. Annales de géographie, t. VII, pp. 1-19, pp. 81-98, pp. 161-189.

CHOLLEY A. (1953) - Quelques aperçus nouveaux sur l'évolution morphologique du Bassin de Paris. Annales de Géographie LXII, n° 329, pp. 4-7 et n° 330 pp. 92-107.

CHOLLEY A. (1957) - Recherches morphologiques. 208 p. Colin. Paris.

COLLOQUE SUR LE PALEOGENE (1964) - Mem. B.R.G.M. n° 28 1107 p.

DENIZOT G. (1940) - "Le Stampien de la Région Parisienne", B.S.G.F. (5) T.X., pp. 25-47.

DENIZOT G. (1970) - "Nos connaissances sur la tectonique du Bassin de Paris", Bull. Ass. Géol. du Bassin de Paris n° 24.

DEWOLF Y. (1971) - Notice explicative de la carte géomorphologique détaillée de la France, au 1/50000e : NOGENT-LE-ROI.

DION R. (1934) - Essai sur la formation du paysage rural français. Tours - 162 p.

DION R. (1936) - La part de la géographie et celle de l'histoire dans l'explication de l'habitat rural du Bassin parisien.
Bull. de la Société belge d'Etudes géographiques.

DOLLFUS G. (1885).- Notice sur une nouvelle carte géologique des environs de Paris.
Congrès géologique International. Berlin , pp. 98-220.

DOLLFUS G. (1890-1891) - Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le Bassin de Paris. Bull. Serv. Cart. Géol. France, T. II, n° 14, pp. 1-68, 1 carte.

DOLLFUS G. (1890-1891) - Recherche sur les ondulations des couches tertiaires dans le Bassin de Paris. Bull. Serv. Cart. Géol. France, t. II, n° 14, pp. 1-68, 1 carte.

DOLLFUS G. (1900) - Trois excursions aux environs de Paris. Bull. Soc. Géol. Fr. T. XXVII - pp.109-154.

DOLLFUS G. (1911) - Notes nouvelles sur les sables et grès de Fontainebleau - C.R. Somm. S.G.F. (4) - t. XI pp. 73-75

DOUVILLE H. (1886) - Etude sur les grès de la forêt de Fontainebleau. Bull. Soc. Géol.de France. 3ème série, T. XIV pp. 471-481.

DRESCH J. (1969) - Le creusement quaternaire des vallées VIIIe Congrès international de l'INQUA. Bull. de l'A.F.E.G. Paris, pp. 57-68.

FEDOROFF N. (1965) - Sur les paléosols quaternaires des climats tempérés. Rev. de Géog. Phys. et de Géol. Dyn. (2) Vol. VII, fasc. 1, pp. 79-88.

FEDOROFF N. et RIGHI D. (1970) - Les sols polyphasés de la surface de Beauce dans les Forêts de Rambouillet et de Saint-Arnoult, Bull. Ass. Fr. et Quaternaire 7e année, n° 23-24, pp. 181-190, 2 fig.

FEUGUEUR L. (1963) - L'Yprésien du bassin de Paris - Essai de monographie stratigraphique. Thèse - Mém. Expl. Carte Géol. dét. Fr. B.R.G.M. Orléans.

GIRARD D'ALBISSIN M. (1956) - Essai de paléogéographie de l'Ile de France au Sannoisien. Bull. Soc. Géol. Fr (6), t. VI, pp. 57-69.

GLORIOD A. et TRICART J. (1952) - Etude statistique des vallées sèches de la Hesbaye. Ann. Soc. Géolique de Belgique. T. LXXVIII.

GULLEY J.L.M. (1962) - Le marnage dans le bassin parisien. Rev. de géom. dyn. t. XIII. pp. 26-30.

LAPPARENT A.F. de (1964). Région de Paris. Excursions géologiques et voyages pédagogiques. 1 vol. 195 p. Hermann, édit. Paris.

LEMOINE P. (1911) - Géologie du Bassin de Paris, 408 p. A. Hermann et Fils, Paris.

MEGNIEN Cl., BERGER G., DIFFRE P., LAUVERJAT J., RAMBERT B., RAMPON G., TURLAND M., VILLALARD P. (1970). Atlas des nappes aquifères du District de la Région de Paris. B.R.G.M. Orléans, 62 cartes, 1 notice, 152 p.

MENILLET F. (1974) - Etude pétrographique et sédimentologique des calcaires d'Etampes et de Beauce. Thèse - 138 p.

MICHEL J.P. (1972) - Le Quaternaire de la région parisienne. Thèse.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE (1970) - Les espaces verts périurbains - 58 p.

MINISTERE DE LA PROTECTION DE LA NATURE ET DE L'ENVIRONNEMENT (1973) - Zones naturelles d'équilibre de la région parisienne. 58 p.

MISSION D'ETUDE D'AMENAGEMENT RURAL (1971). Eléments pour un schéma d'aménagement rural de la région parisienne, 207 p. 57 cartes. Pièce annexe 88 p.

MORAND F., RIVELINE-BAUER J., TRICHET J. (1968) - Etude sédimentologique, paléographique et géomorphologique de la Butte Chaumont (Champlan, Essonne). Bull. Soc. Géol. France (7), t. 10, n° 6 - pp. 627 - 718.

MORELLET L. et J. (1948) - Le Bartonien du bassin de Paris. Mém. Expl. Carte Géol. dét. France, 440 p. B.R.G.M. Orléans.

OBERT D. (1974) - Les alignements gréseux stampiens, conséquence de l'évolution structurale du Bassin Parisien. C.R.A.S. t. 278 - série D., pp. 2597 - 2599.

PISSART A. (1958) - Les dépressions fermées de la région parisienne. Rev. Géom. Dyn. t. 9, n° 5 - 6. pp. 73-83.

PLAISANCE G. (1959) - Les formations végétales et paysages ruraux. C.N.R.S. Paris - 415 p.

PLAISANCE C. et CAILLEUX A. (1958) Dictionnaire des sols. La Maison Rustique, Paris, 604 p.

POMEROL C. (1951) - Origine et mode de dépôt des Sables granitiques miocènes entre Paris et la Manche. Bull. Soc. Géol. France (6), t. I, pp. 251-263.

POMEROL C. (1967) - Les minéraux argileux dans le tertiaire du Bassin de Paris. Problèmes d'origine et de genèse.
Bull. Gr. Fr. Argiles, t. XIX, Fasc. 1, pp. 115-124

POMEROL C. (1967) - Esquisse paléogéographique du Bassin de Paris à l'ère tertiaire et aux temps quaternaires.
Revue de Géog. Phys. et Dyn. (2) vol. IX. Fasc.1 pp. 55-86.

POMEROL C. (1967)
Néotectonique de la région parisienne.
Bull. de l'A.F.E.Q. pp. 231-234.

POMEROL C. (1968) - Progrès récents dans la connaissance des formations tertiaires du Bassin de Paris.
Bull. Soc. Géol. France (7) t. X, pp. 5-12.

POMEROL C. et FEUGUEUR L. (1968) - Guide géologique du Bassin de Paris, Ile de France, I vol. 206 p. MASSON édit. Paris.

POMEROL C. (1970) - Contribution sédimentologique et géomorphologique à la connaissance de la tectogenèse cénozoïque du Bassin de Paris.
Bull. A.G.B.P. n° 6.

POMEROL C. et FEUGUEUR L. (1974) Guide géologique du Bassin de Paris - Ile de France - Pays de Bray.
1 vol. 216 p. 2e édit. Masson, Paris.

PRINCE C. (1961) - Some reflections on the origin of hollows in Norfolk compared with those in the Paris region. Rev. Geom. Dyn. T. XII - n° 12 - pp. 110 - 117.

RIVELINE-BAUER J. (1968) - Contribution à l'étude sédimentologique et paléogéographique des sables stampiens de la région parisienne. C.R. Som. Soc. géol. France, 176 p.

RIVELINE-BAUER J. (1971) - Contribution à l'étude sédimentologique et paléogéographique des Sables de l'Oligocène du Bassin de Paris. Bull. Soc. Géol. de France (7) XIII, n° 3-4, pp. 219-231.

SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME DE LA REGION PARISIENNE (1965) - Délégation générale du District de la Région de Paris.

SCHLUMBERGER R. (1974) - Essai d'interprétation de buttes alignées dans le Bassin de Paris. Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn. (2), vol. XVI, fasc. 4 - pp. 363-392.

SOUCHEZ R. (1966) - Réflexion sur l'évolution des versants sous climat froid. Rev. de Géo. Phys. et de Géol. Dyn. (2), vol. VIII, Fasc. 4 pp. 317-334.

SOYER R. (1943) - Recherche sur l'extension du Montien dans le bassin de Paris. Bull. Serv. Carte Géol. Fr. t. XLIV, n° 213 - 106 p.

SOYER R. (1946) - "Sur l'histoire de l'anticlinal de Meudon pendant le Tertiaire".
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 222 - pp. 188-190.

SOYER R. (1953) - Géologie de Paris. Mém. Carte Géol. France. B.R.G.M. Orléans.

SOYER R. (1960) - Les zones gypseuses antéludiennes préservées de l' Ile-de-France. Bull. Soc. Géol. Fr. (7), II, pp. 145-151.

SOYER R. et CAILLEUX A. (1960)- Géologie de la région parisienne, 1 vol. Coll. Que sais-je ? P.U.F. Paris 128 p.

SOYER R. (1966) - Notice explicative de la carte géologique au 1/50.000e de Paris.

TERMIER P. (1895) - "Sur la structure des grès de Fontainebleau" B.S.G.F. T. XXIII - pp. 344-348.

TRICART J. (1952) - L'étude statistique des versants. Rev. de Géor.Dyn. n° 3, pp. 143-147.

TRICART J. (1962) - L'épiderme de la terre. Esquisse d'une géomorphologie appliquée. Paris - 167 p.

TRICART J. et CAILLEUX A. (1967) - Le modelé des régions périglaciaires (Traité de Géomorphologie, t. II) - SEDES-Paris 512 p.

C) LE S.W. DE PARIS (DOCUMENTS CONCERNANT PLUS DIRECTEMENT LA ZONE ETUDIEE).

BARBET L.A. (1907) - Les grandes eaux de Versailles. Versailles.

BOURCIER S. (1972) - La Carte des Chasses du Roi.

CARTE DES CHASSES DU ROI (levée et dressée de 1764 à 1773) - 12 feuilles. - Bibliothèque Nationale. Réf. GEBB - 207.

CHASSAGNE M.E. (1968) - Le plateau de Saclay-Guyancourt; (Etude de l'influence de Paris sur un secteur rural à la limite de l'agglomération). Thèse Paris - 203 p.

COSSONNET (1895) - Palaiseau d'hier et d'aujourd'hui. 1 vol. 500 p.

DOLLFUS (1911) - Compte-Rendu de l'Excursion de Palaiseau. C.R. Somm. S.G.F. (4) t. XI, pp. 884-888.

DOLLFFUS G. (1918) - Les eaux de Versailles - La Technique Sanitaire et Municipale, N° d'Avril - 8 p.

ETABLISSEMENT PUBLIC D'AMENAGEMENT DE LA VILLE NOUVELLE DE SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES, 1970 à 1975. Notes-Bulletins - Dossiers d'études - Cartes.
1973 - Groupe d'Etude de la base de loisirs de l'étang de Saint-Quentin. Etude écologique, 34 p.

FRITEL P.H. et VIGUIER R. (1917) - Les bois silicifiés d'Orsay et Palaiseau. (S.et O.) - Bull. Soc. Géol. France (4), t. XVII, pp. 82-88.

GEORGE P. et RIVIERE A. (1944) - Sur les sables granitiques et les argiles à meulières du bassin de l'Yvette. C.R.Acad. Sc. Paris, t. 218, p. 800.

LABORATOIRE REGIONAL DE L'OUEST PARISIEN.

1968 - Ville nouvelle de Trappes - Etude géologique et géotechnique.

1972 - Ville nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines. Etude géologique et géotechnique du centre urbain. Dossier n° 3195.

1973. Ville nouvelle de St-Quentin-en-Yvelines. Bassin de retenue de Bois Robert. Dossier n° 3894.

1973. Ville nouvelle de Saint-Quentin en Yvelines. Collecteur de Maurepas. Dossier n° 4226.

1973. Ville nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines. Autoroute A 87 - Dossier n° 4264.

MONOGRAPHIES COMMUNALES (1899) Inspection académique du département de Seine et Oise - Canton de Longjumeau Canton de Limours, Canton de Chevreuse, Canton de Palaiseau (Monographies manuscrites conservées aux Archives départementales de Versailles.

MOTAMED A. (1962) - Contribution à l'étude sédimentologique et à l'étude de l'origine du loess du sud-ouest de la région parisienne.
Thèse, 90 p.

MULLER J. (1957) - Etude des sols du Hurepoix. Ann. Agro. n° III, pp. 343 - 432.

NOTES ET ETUDES DOCUMENTAIRES (1969) - Le Département des Yvelines. La Documentation Française 84 p.

NOTES ET ETUDES DOCUMENTAIRES (1971) - Le Département de l'Essonne. La documentation française - 80 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS (1970 à 1972). Bois de Maurepas, Bois de Trappes et de Champ-Garnier, Bois de Sainte-Appoline, Vallée de la Mérantaise.

PREVOT J. (1975). Les meulières du sud de la région parisienne. Thèse, 136 p.

RAMPON G. (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique de Corbeil et synthèse hydrogéologique provisoire. B.R.G.M. Cartes.

RAMPON G. (1964) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques de Houdan-Versailles et synthèse hydrogéologique provisoire. - B.R.G.M. Cartes.

RAMPON G. (1965) - Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques de Nogent-Le-Roi. Rambouillet et synthèse hydrogéologique provisoire. B.R.G.M. - Cartes.

RICHARD J.B. et RICHARD de JOUVANCE L. (1845) - Carte agricole géologique parcellaire statistique du territoire de la commune de Trappes. Carte et Statistique résumée. Bibliothèque Nationale. Réf.: G E D 4762 - DL 8 - 48.

RICHARD J.B. et RICHARD de JOUVANCE L. (1849) - Carte agricole, géologique, parcellaire, statistique du territoire de la commune de Dampierre. - Carte et statistique résumée. Bibliothèque Nationale - Réf. GEFF 16.636. Don 20.481 -

RICHARD J.B. et RICHARD de JOUVANCE L. (1851). - Carte agricole géologique, parcellaire, statistique du territoire de la commune de Palaiseau. Carte et statistique résumée. Bibliothèque Nationale. Réf. GEFF 16.662 - Don 20491.

SAUVETERRE (1972) - Assainissement eaux pluviales. Bassin versant de la vallée de la Bièvre. Mémoire explicatif. Inédit - 27 p.

SENARMONT H.H. DE (1844) - Essai d'une description géologique du département de Seine et Oise. 1 vol. in-8 Paris, 272 p.

SERVICE DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE - Notice explicative de la feuille de Melun au 1/80.000. 6 p. Notice explicative de la feuille de Versailles au 1/50.000 - 14 p. Notice explicative de la feuille de Rambouillet au 1/50.000e (à paraître).

SOYER R. (1956) - Le régime de l'Yvette et la composition de ses alluvions dans la partie centrale de la vallée de Chevreuse. Cahier des Naturalistes (n.s.) t. 12 - fasc. 2 - pp. 53-56.

SOYER R. (1958) - Notes géologiques et hydrogéologiques sur la feuille de Corbeil au 1/50.000e. Bull. de la carte géol. de la France. N° 257 - Tome LVI - p. 19-37.

SOYER R. - Notice explicative de la carte géologique de Corbeil au 1/50.000e - 11 p. Service de la Carte géologique de la France.

TULIPPE O. (1934) - L'habitat rural en Seine et Oise - Essai de géographie du peuplement - In-8°, 373 p.

D) METHODES D'ETUDE - DIVERS

ARNOULD M. (1968) - Cavités souterraines, recherche par gravimétrie - Annales de l'I.T.B.T.P. - t. 21, n° 243-244. pp. 608-627.

ASTIER J.L. (1971) - Géophysique appliquée à l'hydrogéologie. Paris, Masson Ed. 277 p.

BARON A., BERNARD A., DELOYE F.X. (1971) - L'analyse minéralogique des sols argileux. Paris, Eyrolles éd.

BERTRAND Y. (1967) - La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées. Bull. de liaison des labo.routiers. Spécial i - Paris 172 p.

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (1973) - Etude par prospection gravimétrique sur les zones II et III du Centre Urbain de Saint-Quentin en Yvelines. Inédit 12 p. Cartes.

DELOYE F.X., SIERRA R., STRUILLOU R. (1967) - Les analyses minéralogiques des sols argileux effectuées au L.C.P.C. - Bull. du groupe français des argiles, t. XIX, Fasc. 1 pp. 29-37.

DU MOUZA J. (1973) - Détection des cavités souterraines artificielles par méthode électrique. Centre de géologie de l'Ingénieur - Ecole des Mines de Paris. Inédit 30 p.

LASFARGUES P. (1957) - Prospection électrique par courants continus. - Masson - Paris - 290 p.

NEUMANN R. (1973) - Prospection gravimétrique appliquée à la localisation des cavités souterraines - In Symposium de l'A.I.G.I. - 12 p.

RIVIERE A. (1952) - Sur la représentation graphique de la granulométrie des sédiments meubles, interprétation des courbes granulométriques. - B.S.G.F. 6e série, t. 2, 1952 - pp.145-167.

RIVIERE A. et VERNHET S. (1960) - Contribution à l'étude minéralogique des sédiments argileux - Discussion des résultats obtenus par la méthode des agrégats orientés. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 251, pp. 2056-2058.

RIVIERE A. (1967) - Méthodes granulométries en géologie. A.F.S. - mises à jour scientifiques, 3,pp. 243-262 Gauthier Villars éd. Paris.

STRUILLOU R. (1969) - Prévision de l'altérabilité des matériaux en fonction de leurs caractéristiques propres et de leurs utilisations. - 18 p. Colloque de Géotechnique - Toulouse.

TERZAGHI K. (1955) - Influence of geological factors on the engineering properties of sediments. Economic Geology, 30 th. anniversary. Vol., part.II

VOINOVITCH, I.A. (1971) - L'analyse minéralogique des sols argileux. Eyrolles - 1971.

WEECKSTEEN G. (1974) - Les sciences de la terre et la télédétection spatiale. Annales des Mines, pp. 19-30.